

# Isolasi dan Aplikasi Fungi Entomopatogen dari Larva Nyamuk *Aedes aegypti* L.

WURI ARTIKASARI\*, EMANTIS ROSA, BAMBANG IRAWAN, YULIANTY

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung, Bandar Lampung

Diterima: 11 April 2019 - Disetujui: 22 September 2019  
© 2019 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Cenderawasih

## ABSTRACT

DHF (Dengue Hemorrhagic Fever) is a serious problem in Indonesia. DHF disease control has been applied so far, one of which is the use of larvacide temephos (abate). However larvacide is a chemical insecticide that has a negative impact on human health and causes resistance. Therefore in this research, biological control is carried out by utilizing entomopathogenic fungi as a larvacide. The purpose of this study was to determine the effectiveness of entomopathogenic fungi isolated from *Ae. aegypti* larvae. Against the death of *Ae. Aegypti* mosquito larvae with the moist chamber method. This study used a completely randomized design (CRD) with a factorial pattern and performed two repetitions. Factor A is a type of fungi with 3 levels, namely A1: *Aspergillus* sp1, A2: *Aspergillus* sp2, and A3: *Syncephalastrum* sp. Factor B is a dilution with 7 levels, namely B0: Control, B1: 100 (without dilution), B2:  $10^{-1}$ , B3:  $10^{-2}$ , B4:  $10^{-3}$ , B5:  $10^{-4}$ , B6:  $10^{-5}$  with every treatment was applied in 2 repetitions. Observations were made 24 hours after treatment for 3 days. Data were analyzed using analysis of variances (anova) and continued with the Least Significant Difference Test (LSD) at 5%. The results indicate that fungi isolates are the most effective in killing *Ae. Aegypti* mosquito larvae is *Aspergillus* sp1 and *Aspergillus* sp2 on the treatment of spores without dilution.

**Key words:** DHF; larvacide; *Aedes aegypti*; Entomopathogenic Fungi.

## PENDAHULUAN

Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) menjadi salah satu masalah kesehatan masyarakat di negara-negara yang mempunyai iklim tropis, termasuk Indonesia. Hal ini ditandai dengan terjadinya peningkatan kasus setiap tahunnya. Nyamuk *Aedes aegypti* menjadi salah satu vektor utama penyebaran penyakit DBD yang mencakup wilayah baik di desa maupun di kota. Menurut data World Health Organization (WHO), Indonesia tercatat sebagai negara dengan kasus

DBD paling tinggi di Asia Tenggara. Sampai saat ini, obat dan vaksin yang secara efektif dapat mengobati penyakit DBD belum ditemukan (Depkes RI, 2016). Salah satu alternatif dalam mengendalikan larva *Ae. aegypti* adalah dengan penggunaan insektisida hayati seperti golongan fungi entomopatogen.

Pengendalian hayati merupakan pengendalian yang memanfaatkan musuh alami sebagai agen biologis. Pengendalian hayati menjadi suatu yang cukup menjanjikan, karena pengendalian hayati akan berdampak positif terhadap faktor ekologi, terutama tentang pengaturan populasi oleh pengendali alami dan keseimbangan ekosistem (Hamid *et al.*, 2017).

Fungi entomopatogen adalah fungi yang menyebabkan penyakit atau infeksi pada serangga target. Fungi entomopatogen memiliki sifat spesifik dalam menyerang target tertentu dengan

---

\* Alamat korespondensi:

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung, Bandar Lampung, 35145. Jl. Soemantri Brojonegoro No. 35, Gedung Meneng, Bandar Lampung. E-mail: artikawuri58@gmail.com

efek samping dan resiko yang sangat rendah terhadap organisme non target atau serangga yang bermanfaat. Dengan karakteristik demikian, penggunaan fungi entomopatogen sebagai musuh alami dalam usahapemberantasan hama memiliki dampak positif lebih banyak dibandingkan dengan penggunaan insektisida sintesis (Septiana, 2015). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas fungi entomopatogen yang diisolasi dari larva nyamuk *Ae. aegypti* terhadap kematian larva nyamuk *Ae. Aegypti*.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Nopember sampai Desember 2018 di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial. Faktor A adalah jenis isolat fungi yang diisolasi dari larva nyamuk *Ae. aegypti*. Faktor B adalah perlakuan (pengenceran) yang terdiri dari kontrol,  $10^0$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ . Setiap kombinasi perlakuan diulang 2 kali sehingga terdapat 36 satuan percobaan.

Pemancingan fungi entomopatogen dilakukan dengan metode *moist chamber* dengan memanfaatkan larva nyamuk *Ae. aegypti* yang diletakkan pada wadah cawan petri yang telah diberi lapisan kapas lembab. Lalu dibiarkan selama 1-2 minggu pada suhu ruang sampai larva nyamuk tersebut terdapat fungi.

Fungi yang sudah tumbuh pada tubuh larva nyamuk lalu dilakukan isolasi, kemudian diinokulasi ke dalam cawan petri yang sudah berisi media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Biakan diinkubasi selama 48 jam kemudian dimurnikan kembali pada media PDA. Fungi entomopatogen yang berasal dari biakan selanjutnya dimurnikan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) hingga berumur 14 hari.

Hasil fungi yang telah dimurnikan selama 14 hari kemudian dipanen sporanya dengan cara

menuangkan air sejumlah 1mL pada media, kemudian spora di *screap* (dikerok) permukaannya menggunakan pinset, setelah itu dimasukkan kedalam wadah yang berisi 9 mL aquadest, dan dibuat pengenceran berseri mulai dari  $10^0$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ , dan  $10^{-5}$  per mL. Hasil dari pengenceran fungi tersebut kemudian dihitungerapatan sporanya dengan *haemocytometer* dan diamati dengan mikroskop. Kerapatan spora dihitung menggunakan rumus rumus (Gabriel & Riyanto, 1989).

$$S = \frac{t \cdot d}{(n \times 0,25)}$$

Dimana:

S : Kerapatan spora per mL larutan

t : Jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati

d : Tingkat Pengenceran

n : Jumlah kotak sampel

0,25 : Faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada *haemocytometer*

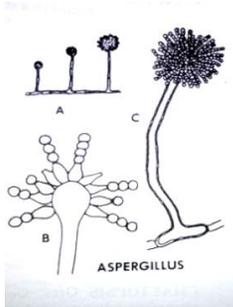
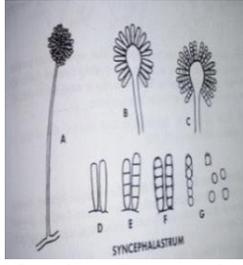
Spora dari fungi yang telah diidentifikasi kemudian disuspensikan ke dalam aquades dengan konsentrasi masing-masing  $10^0$ ,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  dan  $10^{-5}$  per mL mengikuti Yasmin (2010). Larva stadium 3 diletakkan pada nampan dengan jumlah larva pada setiap nampan sebanyak 10 larva. Kemudian dari konsentrasi pengenceran fungi diinvestasikan pada media larva dengan cara direndam (150 ml). Larva nyamuk dibiarkan beberapa saat dan diamati jumlah larva yang mengalami kematian. Pengamatan dilakukan setelah 24 jam. Banyaknya larva nyamuk yang mati dicatat pada hari ke 1 sampai hari ke 3 setelah perlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Seleksi Fungi Entomopatogen

Berdasarkan hasil isolasi yang telah dilakukan didapatkan lima isolat fungi yang didapat. Ketiga isolat tersebut adalah *Aspergillus* sp1, *Aspergillus* sp2, *Syncephalastrum* sp., *Mucor* sp., dan 1 isolat unidentified. Kelima isolat yang

Tabel 1. Isolat fungi yang diperoleh dari isolasi larva nyamuk *Ae. aegypti*.

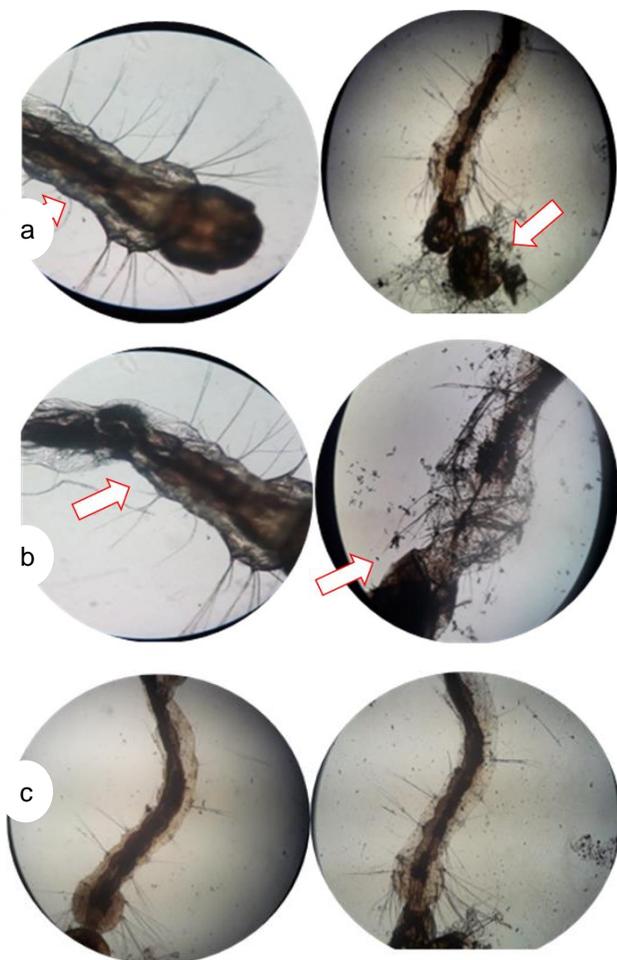
No	Kode Isolat	Hasil Pengamatan		Literatur		Nama Isolat
		Deskripsi	Gambar	Deskripsi	Gambar	
1	IL 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- konidiofora menyokong 1 konidia</li> <li>- konidiofora tegak</li> <li>- konidiofora panjang berbentuk silinder</li> <li>- konidia berbentuk bulat</li> <li>- hifa tak bersepta</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- konidiofora tegak, sederhana</li> <li>- konidia berbentuk glubosa</li> <li>- hifa tak bersepta</li> </ul> (Sumber: Barnett & Hunter, 1972).		<i>Aspergillus</i> sp1
2	IL 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hifa tak bersepta</li> <li>- konidiofora menyokong 1 konidia</li> <li>- konidia berbentuk bulat</li> <li>- konidiofora panjang berbentuk silinder</li> <li>- vesikula berbentuk glubosa</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- hifa tak bersepta</li> <li>- konidiofora tegak, sederhana</li> <li>- konidia berbentuk glubosa</li> </ul> (Sumber: Barnett & Hunter, 1972).		<i>Aspergillus</i> sp2
3	IL 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hifa bersekat</li> <li>- vesikula berbentuk glubosa</li> <li>- miselium tumbuh banyak, bercabang</li> <li>- konidia berbentuk bulat</li> <li>- konidiofor tegak</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- miselium tumbuh cepat, banyak, bercabang</li> <li>- konidia berbentuk bulat</li> <li>- konidiofor tegak, bercabang</li> </ul> (Sumber: Barnett & Hunter, 1972).		<i>Syncephalastrum</i> sp.

didapat diseleksi tiga isolat dominan yaitu *Aspergillus* sp1, *Aspergillus* sp2, *Syncephalastrum* sp.

### Kerapatan Spora Fungi Entomopatogen

Perhitungan kerapatan spora dilakukan menggunakan *Haemocytometer* dan diamati menggunakan mikroskop. Hasil pengamatan pada isolat *Aspergillus* sp1, menunjukkan kerapatan

spora yang paling tinggi adalah pada perlakuan 10 sebesar  $1,806 \times 10^9$  spora/ml, kemudian pada perlakuan  $10^{-1}$  sebesar  $1,476 \times 10^7$  spora/ml dan kerapatan spora yang paling rendah terletak pada perlakuan  $10^{-5}$  yaitu 460 spora/ml. *Aspergillus* sp2 didapatkan hasil perhitungan kerapatan spora paling tinggi adalah pada perlakuan 10 sebesar  $2,354 \times 10^9$  spora/ml, kemudian pada perlakuan  $10^{-1}$  sebesar  $2,2 \times 10^7$  spora/ml dan kerapatan spora yang paling rendah terletak pada perlakuan  $10^{-5}$  yaitu 520 spora/ml.



Gambar 1. Larva nyamuk *Ae. aegypti* normal (kiri), dan setelah diberi perlakuan (kanan). a. perlakuan fungi entomopaten *Aspergillus* sp1., b. perlakuan fungi entomopaten *Aspergillus* sp.2., dan c. *Syncephalastrum* sp. (tanda panah menunjukkan badan (tubuh) dan kepala nyamuk).

*Syncephalastrum* sp. didapatkan hasil perhitungan kerapatan spora yang paling tinggi adalah pada perlakuan 10 sebesar  $2 \times 10^8$  spora/ml, kemudian pada perlakuan  $10^{-1}$  sebesar  $1,81 \times 10^7$  spora/ml dan kerapatan spora yang paling rendah terletak pada perlakuan  $10^{-5}$  yaitu 230 spora/ml. Hal ini sesuai dengan penelitian Supriyadi *et al.* (2017) yang menunjukkan semakin tinggi pengenceran yang dilakukan maka kerapatan spora semakin rendah.

Feron (1981), menyatakan bahwa semakin tinggi kerapatan spora semakin tinggi pula kematian serangga uji. Kepadatan spora yang semakin besar menempel pada tubuh serangga uji, maka semakin besar peluang spora tersebut untuk tumbuh, berkembang, dan merusak serangga sasaran yang selanjutnya dapat mematikan serangga.

#### Morfologi dan Perubahan Aktivitas Larva Nyamuk Setelah Infeksi Fungi

Perubahan aktivitas larva setelah perlakuan isolat fungi *Aspergillus* sp1 menunjukkan setelah perlakuan selama 48 jam, terlihat bagian kepala dan tubuh dari larva mengalami kerusakan yang diakibatkan adanya hifa yang masuk dan merusak struktur dan morfologi tubuh larva. Selain itu, warna dari tubuh larva terlihat berubah menjadi kemerahan. Pengamatan 24 jam aktivitas larva mulai mengalami penurunan, sementara itu pada pengamatan 48 jam terlihat larva mulai tidak bergerak ketika disentuh. Sedangkan pada saat pengamatan 72 jam larva mengapung diatas permukaan air. Perubahan morfologi larva nyamuk setelah perlakuan isolat fungi *Aspergillus* sp. (Gambar 1a).

Fungi *Aspergillus* sp2 menunjukkan adanya kerusakan pada tubuh larva uji, kerusakan terjadi setelah pengamatan 72 jam (Gambar 1b). Larva yang terinfeksi mengalami kerapuhan dan terlihat hifa fungi menembus tubuh larva. Tubuh larva terlihat mengalami pengurangan masa tubuh.

Hasil pengamatan morfologi setelah infeksi fungi *Syncephalastrum* sp. menunjukkan adanya perubahan warna setelah pengamatan 48 jam. Larva yang terinfeksi mengalami perubahan warna dari yang semula lebih gelap menjadi lebih

terang. Namun pada 72 jam setelah pengamatan, tidak terjadi perubahan morfologi yang sangat signifikan. Perubahan morfologi larva nyamuk setelah perlakuan isolat fungi *Syncephalastrum* sp. (Gambar 1c).

Menurut Wahyudi (2002) jamur entomopatogen membutuhkan waktu untuk mematikan serangga inangnya, dikarenakan konidia jamur yang menempel pada kutikula harus berkecambah membentuk hifa terlebih dahulu agar dapat menembus kutikula. Kaur *et al.* (2011) menyatakan bahwa jamur entomopatogen menyebabkan kematian serangga inang dengan menyerap nutrisi dan menyebarkan racun pada hemolymph sehingga dapat mempengaruhi perkembangan dan fisiologis serangga terutama reproduksi. Menurut Freimoser *et al.* (2003) kutikula serangga yang telah mati akan berubah warna menjadi gelap. Pertumbuhan konidia dalam tubuh larva melalui berbagai tahap seperti inokulasi, invasi, penetrasi dan dekstruksi. Menurut Prayogo (2011)

setiap cendawan memiliki patogenitas yang berbeda beda karena toksin yang dimiliki juga berbeda.

Tubuh nyamuk yang terinfeksi fungi entomopatogen akan mengalami pengeringan. Hal ini dapat disebabkan karena aktivitas fungi entomopatogen dan enzim ekstraseluler atau toksin yang dihasilkan oleh fungi entomopatogen. Hal ini sesuai dengan penelitian Masyitah *et al.* (2017) yang mengatakan bahwa gejala umum kematian serangga uji yang terinfeksi fungi entomopatogen, tubuhnya mengalami kekeringan karena disebabkan oleh fungi yang masuk ketubuh serangga melalui kutikula yang berpenetrasi pada integumen sehingga menyebabkan perubahan fisiologi pada larva. Fungi entomopatogen juga mampu menghasilkan racun yang dapat merusak jaringan dan menyerap cairan tubuh larva menjadi mengering.

Tabel 2. Kerapatan spora fungi entomopatogen pada media PDA.

Pengenceran	Kerapatan spora/ml		
	<i>Aspergillus</i> sp1	<i>Aspergillus</i> sp2	<i>Syncephalastrum</i> sp.
Kontrol	0	0	0
10 <sup>0</sup>	1,806 x 10 <sup>9</sup>	2,354x10 <sup>9</sup>	2 x 10 <sup>8</sup>
10 <sup>-1</sup>	1,476x10 <sup>7</sup>	2,2x10 <sup>7</sup>	1,81x10 <sup>7</sup>
10 <sup>-2</sup>	8,56x10 <sup>5</sup>	1,5x10 <sup>6</sup>	1,038x10 <sup>6</sup>
10 <sup>-3</sup>	2,2x10 <sup>4</sup>	2,6x10 <sup>4</sup>	3,96x10 <sup>4</sup>
10 <sup>-4</sup>	1,06x10 <sup>3</sup>	1,04x10 <sup>3</sup>	2,66x10 <sup>3</sup>
10 <sup>-5</sup>	460	520	230

Tabel 3. Hasil analisis data kematian larva nyamuk *Ae. Aegypti*.

Pengenceran	Jenis fungi		
	<i>Aspergillus</i> sp1	<i>Aspergillus</i> sp2	<i>Syncephalastrum</i> sp.
Kontrol	0,000 ± 0,000 <sup>d</sup>	0,000 ± 0,000 <sup>d</sup>	0,000 ± 0,000 <sup>d</sup>
10 <sup>0</sup>	3,000 ± 1,414 <sup>a</sup>	3,000 ± 1,414 <sup>a</sup>	0,500 ± 0,707 <sup>cd</sup>
10 <sup>-1</sup>	2,500 ± 2,122 <sup>ab</sup>	2,000 ± 1,414 <sup>abc</sup>	0,000 ± 0,000 <sup>d</sup>
10 <sup>-2</sup>	1,000 ± 0,000 <sup>bcd</sup>	0,500 ± 0,707 <sup>cd</sup>	0,500 ± 0,707 <sup>cd</sup>
10 <sup>-3</sup>	0,500 ± 0,707 <sup>cd</sup>	0,000 ± 0,000 <sup>d</sup>	0,500 ± 0,707 <sup>cd</sup>
10 <sup>-4</sup>	0,500 ± 0,707 <sup>cd</sup>	0,000 ± 0,000 <sup>d</sup>	0,000 ± 0,000 <sup>d</sup>
10 <sup>-5</sup>	0,000 ± 0,000 <sup>d</sup>	0,000 ± 0,000 <sup>d</sup>	0,000 ± 0,000 <sup>d</sup>

Ket.: Angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata pada taraf 5 %.

### Kematian Larva Nyamuk *Ae. aegypti*.

Tabel 3 menunjukkan rata-rata kematian larva nyamuk *Ae. aegypti* yang paling tinggi terdapat pada pengenceran 10<sup>0</sup>, kemudian terdapat perbedaan nyata antara kontrol dengan pengenceran 10<sup>0</sup> pada *Aspergillus* sp1, sementara itu pada *Aspergillus* sp2 terdapat perbedaan yang signifikan antara kontrol dan pengenceran 10<sup>0</sup>. Perlakuan pada jenis fungi *Syncephalastrum* sp. dari setiap perlakuan tidak menunjukkan perbedaan nyata.

Hasil penelitian yang telah didapat menunjukkan jenis fungi *Aspergillus* sp1 dan *Aspergillus* sp2 terdapat perbedaan nyata. Hal ini menunjukkan bahwa kedua isolat fungi tersebut memiliki kemampuan atau daya bunuh terhadap larva uji. Kemampuan isolat fungi dalam mematikan larva uji karena fungi *Aspergillus* sp. diketahui dapat menghasilkan senyawa *Aspergillin* dan memproduksi zat yang dapat menghambat perkembangan fungi patogen (Venkatasubbaiah & Safeeulla, 1984). Maharani *et al.* (2016) juga menyebutkan bahwa semakin tinggi kerapatan konidia pada fungi *Aspergillus* maka semakin tinggi juga tingkat mortalitas serangga uji.

Penelitian Handayani (2015) menunjukkan bahwa fungi *Syncephalastrum* sp. mempunyai kemampuan yang rendah dalam menghidrolisis selulosa. Fungi ini juga tidak memiliki enzim kitinase, amilase, dan protease sehingga daya bunuh terhadap larva nyamuk uji juga rendah.

Produksi enzim ekstraseluler dan toksin dari fungi entomopatogen juga akan mempengaruhi dalam proses menginfeksi serangga uji seperti enzim kitinase, protease dan lipase. Menurut Shandu *et al.* (2012) fungi yang menghasilkan enzim tersebut akan membantu dalam mendegradasi komponen utama penyusun kutikula serangga.

Proses infeksi fungi entomopatogen dapat dilakukan dengan cara masuk ke tubuh serangga inang melalui kulit, saluran pencernaan, spirakel dan lubang lainnya. Konidia yang menempel pada tubuh serangga inang akan berkecambah dan berkembang membentuk tabung kecambah, kemudian masuk menembus kulit tubuh secara

mekanis dan atau secara kimiawi dengan bantuan enzim atau toksin (Herdatiarni *et al.*, 2014).

## KESIMPULAN

Isolat fungi yang memiliki daya bunuh paling besar terhadap larva nyamuk *Ae. aegypti* adalah isolat fungi *Aspergillus* sp1, *Aspergillus* sp2, dan *Syncephalastrum* sp. sehingga dapat dikatakan bahwa isolat fungi yang paling efektif dalam mengendalikan larva nyamuk *Ae. aegypti* adalah *Aspergillus* sp.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Program Kreativitas Mahasiswa (PKM Dikti 2018) dengan Nomor kontrak No.1020/B3.1/KM/201 atas dana hibah penelitian yang telah diberikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barnett, H.L., and B.B. Hunter. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. 4<sup>th</sup> Edition. MacMillan Publishing Company, New York.
- Depkes RI. 2016. *Pencegahan dan pemberantasan demam berdarah dengue di Indonesia*. Depkes RI. Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan. Jakarta.
- Freimoser, F.M., C.A. Jakob, M. Aebi, and Tuor. 1999. The MTT [3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-Diphenyl tetrazolium Bromide] assay is a fast and reliable method for colorimetric determination of fungal cell densities. *Applied and Environmental Microbiology*. 65(8): 3727-3729.
- Gabriel, B.P., dan Riyanto. 1989. *Metarhizium anisopliae taksonomi, patologi, produksi dan aplikasinya*. Proyek Pengembangan Perlindungan Tanaman Perkebunan. Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Hadi, U.K., S. Soviana, dan D.D. Gunandini. 2012. Aktivitas nokturnal vektor demam berdarah dengue di beberapa daerah di Indonesia. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 9(1): 1-6.
- Hamid, S., F. Halouane, F.Z. Bisaad, dan F. Benzina. 2013. Study about the effect of *Beauveria bassiana* on the aquatic stages of *Culex pipiens*. *International Journal of Biotechnology and Research*. 3: 31-42.
- Handayani, T. dan S. Purwantisari. 2015. Isolation and identification of mold contaminants mushroom growing

- medium (bag lag) and their cellulolytic performance test. *Jurnal Sains dan Matematika*. 23: 55-58.
- Herdatiarni, F., H. Toto, dan R. Rina. 2014. Eksplorasi cendawan entomopatogen *Beauveria* sp. Menggunakan serangga umpan pada komoditas jagung, tomat dan wortel organik di Batu, Malang. *Jurnal HPT*. 1(3): 2338-4336.
- Kaur, S.P., R. Rao, dan S. Nanda. 2011. Amoxicillin: a broad spectrum antibiotic. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 3(3): 30-37.
- Maharani, S.A., F. Rohman, dan S.E. Rahayu. 2016. Uji efektifitas jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* Balsamo dan *Verticillium lecanii* (Zimmerman) Viegas terhadap mortalitas *Helopeltis antonii* Signoret. <http://karyailmiah.um.ac.id.php/biologi/article>. Diakses pada tanggal 2 Oktober 2019.
- Masyitah, I., F.S. Sitepu, dan S. Irda. 2017. Potensi jamur entomopatogen untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* F. pada tanaman tembakau in vivo. *Jurnal Agroekoteknologi*. 5(3): 484-493.
- Prayogo, Y. 2011. Sinergisme cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* dengan insektisida nabati untuk meningkatkan efikasi pengendalian telur kepik coklat *Riptortus linearis* pada kedelai. *Jurnal HPT Tropika*. 11(2): 166-177.
- Ratledge, C. 1994. *Biochemistry of microbial degradation*. Kluwer Academic, Publishers. London.
- Schuster, E., N. Dunn-Coleman, J. Frisvad, and P. Van Dijck. 2002. On the safety of *Aspergillus niger*-A review. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 59: 426-435.
- Sandhu, S.S., A.K. Sharma, V. Beniwal, G. Goel, P. Batra, A. Kumar, S. Jaglan and S. Malhotra. 2012. Myco-biocontrol of insect pests: Factors involved, mechanism and regulation. *Journal of Pathogens*. 2012: 1-11.
- Septiana, E. 2015. Jamur entomopatogen: Potensi dan tantangan sebagai insektisida alami terhadap serangga perusak tanaman dan vektor penyakit manusia. *Biotrends*. 1(1): 28-31.
- Setyowati, E.A. 2013. Biologi nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor demam berdarah dengue. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Sudarma, I.M., dan D.N. Suprpta. 2011. Potensi jamur antagonis yang berasal dari habitat tanaman pisang dengan dan tanpa gejala layu *Fusarium* untuk mengendalikan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* secara in vitro. [Skripsi]. Universitas Udayana. Bali.
- Supriyadi, D., F. Pasaru dan I. Lakani. 2017. Efikasi cendawan *Aspergillus* sp terhadap hama penghisap buah kakao *Helopeltis* sp. (Hemiptera: Miridae) pada tanaman kakao. *J. Agrotekbis*. 5(3): 300-307.
- Venkatasubbaiah, P., and K.M. Safeeulla. 1984. *Aspergillus niger* for biological control of *Rhizoctonia solani* on coffee seedling. *Trop. Pest. Management*. 30(4): 401-406.