

Efektivitas Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales : Clavicipitaceae) terhadap Mortalitas Larva *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 (Diptera: Culicidae)

Effectiveness of Entomopathogen Fungus *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin on Mortality of *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 Larvae

Amanda Novitasari^{1,*}, Agustina Citra Windianingsih¹, Thiwuk Leres Kinanti¹, Siti Sumarmi², Sukirno², R.C. Hidayat Soesilohadi²

¹Mahasiswa Fakultas Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia;

²Laboratorium Entomologi, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

*Corresponding Author: hidayat@ugm.ac.id

Abstrak: Nyamuk *Aedes aegypti* merupakan vektor utama virus *Dengue* penyebab Demam Berdarah *Dengue* (DBD). Pemutusan rantai penyebaran demam berdarah sudah banyak dilakukan, tetapi dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan. Diperlukan penggunaan solusi alternatif lain. Salah satunya menggunakan bioinsektisida alami dari jamur entomopatogen. Jamur entomopatogen yang sudah banyak dikembangkan sebagai bioinsektisida adalah *Metarhizium anisopliae*. *M. anisopliae* merupakan jamur yang memiliki aktivitas larvasida. Isolat jamur *M. anisopliae* diperoleh dari Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tanaman, Karawang, Jawa Barat dan larva *A. aegypti* didapatkan dari Laboratorium Parasitologi, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan, UGM. Penelitian dilakukan dari November 2021-April 2022 di Laboratorium Entomologi Fakultas Biologi dan Laboratorium Parasitologi, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan, UGM. Cara kerja dalam penelitian ini adalah kultur dan pembuatan suspensi jamur *M. anisopliae*, pemeliharaan larva nyamuk *A. aegypti*, bioassay, dan analisis data efektivitas konidia jamur menggunakan Uji Probit dengan software SPSS versi 28 untuk menentukan LC₅₀. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah konsentrasi yang dapat membunuh sebesar 33,33% dari total larva yaitu 8,18 x 10⁵ konidia/ml. Tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara setiap konsentrasi yang berbeda dalam membunuh larva *A. aegypti*. Nilai LC₅₀ yang diperoleh dari tabel analisis Probit adalah 1,98 x 10⁶. Maka dari itu, dapat disimpulkan *M. anisopliae* efektif digunakan sebagai bioinsektisida larva *A. aegypti* tetapi perlu ditingkatkan lagi konsentrasi suspensinya sehingga dapat menyebabkan kematian hingga 50%.

Kata kunci : Demam Berdarah *Dengue*, *A. aegypti*, *M. anisopliae*, bioinsektisida, efektivitas

Abstract: The *Aedes aegypti* is the main vector of *Dengue* virus that causes *Dengue* fever. Breaking the chain of spread of *Dengue* fever has been done a lot such as using chemical insecticide, but it can cause negative impacts on the environment. Therefore, it is necessary to use other alternative methods to overcome the problem. One of the solution uses natural bioinsecticides from entomopathogenic fungi. The entomopathogenic fungus that has been widely developed as bioinsecticide is *Metarhizium anisopliae*. This fungus has larvicidal activity to kill the mosquito. This research using *M. anisopliae* were obtained from the Center for Forecasting Plant Pest Organisms, Karawang, West Java. However, larvae of *A. aegypti* were obtained from the Parasitology Laboratory, Faculty of Medicine, Public Health, and Nursing, UGM. The research was conducted from November 2021-April 2022 at the Entomology Laboratory of the Faculty of Biology and the Parasitology Laboratory, Faculty of Medicine, Public Health, and Nursing, UGM. The methods used in this study were culture and manufacture of *M. anisopliae*, rearing of *A. aegypti* larvae, bioassays, and data analysis of mortality. The Analysis Probit Test was calculated by using SPSS software version 28 to determine LC₅₀. The results showed that concentration 8.18 x 10⁵ conidia/ml can kill 33,33% of total larvae. However, there was no significant effect between each different concentration in killing *A. aegypti* larvae. However, according the probit analysis table the LC₅₀ can be reach if using 1.98 x 10⁶ in seven day after treatment. Conclusion in this study was the *M. anisopliae* is effective to kill *A. aegypti* larvae but it is necessary to increase the concentration of the suspension.

Keywords: *A. aegypti*, bioinsecticide, *Dengue* Hemorrhagic Fever, effectivity, *M. anisopliae*

Pendahuluan

Demam berdarah *Dengue* (DBD) merupakan penyakit akut dan menular yang menyebabkan jumlah kematian tinggi di Indonesia. Hal ini tentu saja menjadi masalah yang serius dalam bidang kesehatan. Penyakit ini disebabkan oleh virus *Dengue* yang dibawa oleh vektor nyamuk *A. aegypti* (Yasmin dkk, 2012). Penyakit DBD telah menjadi penyakit yang mematikan sejak tahun 2013. Pada tahun 2015, jumlah kematian yang disebabkan karena DBD ini sebanyak 1071 orang. Data Kementerian Kesehatan (Kemenkes) Republik Indonesia tercatat lebih dari seratus ribu kasus DBD pada tahun 2015 sampai dengan 2016 (Suryani, 2018; Syamsir dan Pangestuty, 2020).

Pengendalian DBD difokuskan pada pengendalian nyamuk *A. aegypti* yang merupakan vektor dari virus *Dengue* yang dapat menyebabkan penyakit demam berdarah ini. Upaya yang sudah dilakukan antara lain dengan *thermal fogging* (pengasapan) dan menggunakan insektisida kimia. Di sisi lain, penggunaan insektisida kimia akan memberikan dampak negatif bagi kesehatan dan lingkungan (Yasmin dkk, 2012).

Berbagai alternatif pengendalian nyamuk *A. aegypti* untuk mengatasi resistensi dari nyamuk *A. aegypti*, mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan dan bahaya terhadap manusia dan nontarget adalah dengan melakukan program 4 M Plus (menguras, menutup, mengubur, memantau jentik plus menghindari gigitan nyamuk), teknologi serangga mandul (TSM) dan penggunaan bioinsektisida. Bioinsektisida adalah insektisida dari bahan hayati yang lebih aman bagi lingkungan dan tidak meninggalkan residu karena mudah terdegradasi. Bioinsektisida ini dapat dibuat dari ekstrak tanaman, jamur entomopatogen, mikroorganisme. Jamur entomopatogen sudah cukup banyak diaplikasikan di bidang pertanian untuk mengendalikan serangga hama. Di sisi lain, jamur entomopatogen ini masih cukup sedikit diaplikasikan untuk mengendalikan vektor

nyamuk yang dapat menyebabkan penyakit (Indriyati dkk, 2019).

M. anisopliae merupakan salah satu jamur entomopatogen yang sudah banyak digunakan dan efektif untuk mengendalikan serangga hama pada tanaman. Penelitian mengenai pemanfaatan *M. anisopliae* untuk mengontrol larva nyamuk *A. aegypti* masih belum banyak dilakukan. Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa *M. anisopliae* efektif untuk membunuh larva nyamuk *A. aegypti* (Yasmin dkk, 2012).

Efektivitas dari jamur *M. anisopliae* sebagai bioinsektisida larva adalah karena memiliki aktivitas larvasida dengan menghasilkan destruxin A, B, C, D, E, dan *demethyl destruxintin*. Efek destruxin akan mempengaruhi organel target yaitu mitokondria, retikulum, endoplasma dan membran nukleus yang menyebabkan paralisis sel dan kelainan fungsi terhadap lambung tengah, tubulus malphigi, hemocit dan pada jaringan otot (Yasmin dkk, 2012). Konsentrasi dari konidia *M. anisopliae* akan mempengaruhi mortalitas dari larva target. Konsentrasi konidia yang semakin tinggi akan meningkatkan mortalitas dari larva. Penelitian yang dilakukan sebelumnya didapatkan hasil bahwa semakin tinggi tingkat pengenceran atau konsentrasi konidia semakin tinggi rata-rata kematian larva *A. aegypti* semakin tinggi (Widiyanti dan Muyadiharja, 2004).

Maka dari itu perlu diketahui efektivitas jamur entomopatogen *M. anisopliae* terhadap mortalitas larva *A. aegypti* dan mengetahui konsentrasi yang efektif untuk membunuh larva nyamuk *A. aegypti*.

Bahan dan Metode

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2021-April 2022 di Laboratorium Entomologi, Fakultas Biologi UGM untuk kultur jamur *M. anisopliae* dan Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan UGM untuk

pemberian perlakuan suspensi jamur *M. anisopliae* terhadap larva nyamuk *A. aegypti*.

Kultur dan pembuatan suspensi jamur *M. anisopliae*

Isolat *M. anisopliae* didapatkan dari Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tanaman, Karawang, Jawa Barat. Isolat *M. anisopliae* diisolasi dari wereng batang cokelat dan dikulturkan pada PDA (*Potato Dextrosa Agar*) selama 14 hari dan diinkubasi pada suhu ruang setelah inokulasi.

Pembuatan suspensi jamur dilakukan setelah 14 hari dengan memanen konidia jamur. Pemanenan dilakukan dengan cara mengikis permukaan kultur jamur yang sudah berumur 14 hari. Pemanenan ini dilakukan dengan cara menambahkan campuran aquades steril dan *Ringer solution*. Selanjutnya untuk memisahkan antara hifa dan konidia, dilakukan penyaringan dengan kain kasa dan didapatkan suspensi jamur (larutan stok). Suspensi jamur yang didapatkan selanjutnya dimasukkan kedalam botol konikal 15 mL. Dilakukan pengenceran bertingkat dengan tingkat pengenceran 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , dan 10^{-5} . Penentuan konsentrasi akhir dari suspensi dihitung dengan menggunakan *haemocytometer* secara langsung dibawah mikroskop. Perhitungan rata-rata kerapatan konidia menggunakan *haemocytometer*:

$$\text{Konidia/ml} = n \times 10^4$$

Keterangan:

n = jumlah rata-rata konidia per kotak dari empat kotak yang dihitung
(Mohammadpourlima *et al.*, 2017)

Pemeliharaan larva nyamuk *A. aegypti*

Telur dipelihara di laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran, Keperawatan, dan Kesehatan Masyarakat UGM hingga menjadi larva. Telur larva yang digunakan diambil dari Umbulharjo, Yogyakarta dan merupakan F₁₀₁₇. Telur larva yang didapatkan dipindahkan pada kontainer dan dilakukan penetasan telur. Penetasan telur dilakukan selama kurang lebih 5 hari hingga menjadi larva instar III. Pemeliharaan larva dilakukan di laboratorium. Larva diberikan pakan dari ekstrak hati ayam. Larva dipelihara pada baskom yang berisi air keran hingga berubah menjadi larva instar III.

Bioassay

Bioassay ini mengikuti metode sebelumnya yang dilakukan oleh Sani *et al.* (2016) dengan beberapa modifikasi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sani *et al.* (2016) digunakan perbandingan antara jumlah larva dan banyaknya aquades yaitu 1 : 2, dengan digunakan 10 larva dalam aquades 20 mL. Perbandingan ini digunakan pada *bioassay* penelitian ini. Pengujian dilakukan dengan penambahan suspensi konidia dari jamur *M. anisopliae* sebanyak 2 mL dari masing-masing konsentrasi pada gelas kaca yang berisi aquades 20 mL.

Pada penelitian ini menggunakan 3 ulangan dengan 7 perlakuan yaitu perlakuan dengan suspensi konidia masing-masing konsentrasi ($1,25 \times 10^4$, 3×10^4 , $5,25 \times 10^4$, $1,175 \times 10^5$, $5,7 \times 10^5$, 9×10^6) dan perlakuan kontrol. Suspensi konidia diujikan pada masing-masing 10 larva dengan jumlah keseluruhan larva yang digunakan adalah sebanyak 210 larva instar III *A. aegypti*. Pengujian dilakukan pada tempat dan waktu yang sama. Perlakuan kontrol dilakukan dengan penambahan aquades 22 mL. Larva tetap diberikan makan ekstrak hati ayam. Mortalitas dari larva *A. aegypti* diamati setiap interval 24 jam selama 7 hari.

Konsentrasi konidia yang digunakan untuk pengujian dihitung kembali dengan menggunakan rumus

$$M1.V1 = M2.V2$$

Keterangan:

M1 = molaritas sebelum pengenceran

M2 = molaritas setelah pengenceran

V1 = volume sebelum pengenceran

V2 = volume setelah pengenceran

(Saridewi dkk, 2017)

Kematian larva dapat ditunjukkan dengan larva tidak bergerak ketika diperiksa dengan jarum inokulasi pada bagian siphon atau serviks. Sedangkan larva yang hampir mati ditunjukkan dengan larva tidak dapat naik ke permukaan. Hasil dicatat pada tabel yang sudah disediakan. Jika terdapat lebih dari 10% larva kontrol yang telah menjadi pupa selama pengujian maka pengujian harus diulang.

Jumlah larva *Aedes aegypti* yang mati

Mortalitas(%): $\frac{\text{Jumlah larva *Aedes aegypti* yang diuji}}{\text{Jumlah larva *Aedes aegypti* yang mati}} \times 100\%$

Larva yang mati kemudian ditanam dalam *Potato Dextrosa Agar* untuk melihat apakah kematian disebabkan karena pengaruh pemberian suspensi jamur atau tidak. Dan beberapa larva sebelum ditanam dalam PDA dilakukan pengamatan dibawah mikroskop cahaya. Apabila jamur sudah tumbuh dalam medium PDA, dilakukan pengamatan dibawah mikroskop untuk mengidentifikasi spesies jamur yang tumbuh.

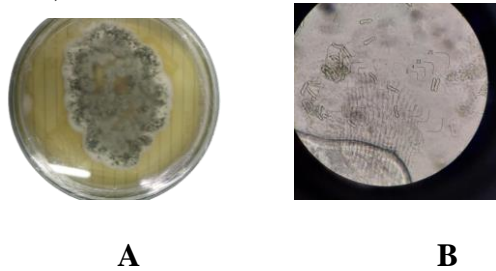
Analisis Data

Analisis efektivitas dari jamur *M. anisopliae* ditentukan dengan nilai LC_{50} dilakukan dengan menggunakan uji Probit menggunakan SPSS versi 23.

Hasil dan Pembahasan

Identifikasi jamur *M. anisopliae*

Jamur entomopatogen *M. anisopliae* dikultur selama 14 hari. Morfologi makroskopis jamur entomopatogen *M. anisopliae* (Gambar 1A), koloninya memiliki warna hifa hijau tua dengan bagian tepi berwarna putih. Sedangkan, morfologi mikroskopisnya (Gambar 1B) memiliki konidia berbentuk lonjong dan bersel satu, miselium bersekat.



Gambar 1. Morfologi jamur *M. anisopliae* setelah inkubasi 14 hari (A. Makroskopis; B. Mikroskopis)

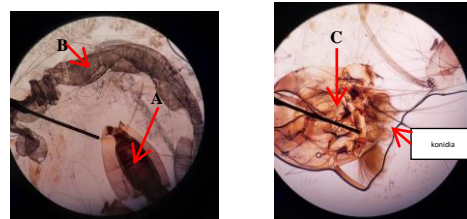
Mortalitas larva *A. aegypti*

Tabel 1. Persentase mortalitas larva *A. aegypti* instar III setelah 7 hari diberikan perlakuan suspensi *M. anisopliae*

Tingkat pengenceran	Rata-rata kerapatan konidia jamur (konidia/mL)	Konsentrasi untuk pengujian (konidia/mL)	Jumlah kematian	Persentase mortalitas (%)
kontrol	0	0	1	3.33
10^{-5}	1.25×10^4	1.14×10^3	2	6.67
10^{-4}	3×10^4	2.73×10^3	1	3.33
10^{-3}	5.25×10^4	4.77×10^3	0	0.0
10^{-2}	1.18×10^5	1.07×10^4	0	0.0
10^{-1}	5.7×10^5	5.18×10^4	2	6.67
Larutan Stok (suspensi jamur sebelum pengenceran)	9×10^6	8.18×10^5	10	33.33

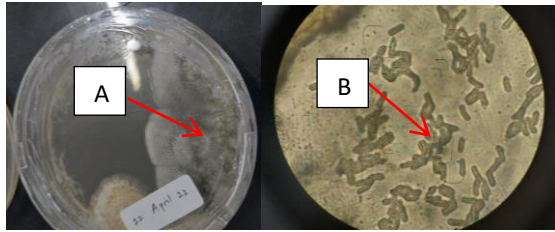
Berdasarkan tabel 1, mortalitas larva tertinggi pada rata-rata kerapatan konidia jamur tertinggi yaitu 9×10^6 ml dengan konsentrasi saat pengujian yaitu 8.18×10^5 .

Identifikasi penyebab kematian larva *A. aegypti*



Gambar 2. Larva *A. aegypti* yang sudah mati setelah diberikan perlakuan suspensi konidia *M. anisopliae*; a. bagian Thoraks (A) sampai abdomen (B), b. bagian Cephal (C)

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa konidia jamur ditemukan pada larva nyamuk yang sudah mati meskipun mekanismenya belum diketahui secara jelas.



Gambar 3. Morfologi jamur yang di inokulasi dari larva *A. aegypti* yang sudah mati; A. Morfologi koloni jamur makroskopis (A), B. Morfologi sel vegetatif jamur mikroskopis (B)

Morfologi makroskopis pada Gambar 3A yaitu berwarna hijau dengan tepi berwarna putih. Morfologi mikroskopis (Gambar 3B) menunjukkan bahwa jamur yang tumbuh pada larva adalah *M. anisopliae* dengan konidia berbentuk lonjong dengan sel tunggal.

Pembahasan

Larva *A. aegypti*

Berdasarkan penelitian Bar and Andrew (2013), larva *A. aegypti* instar III memiliki ukuran kurang lebih 4.343 mm. Larva *A. aegypti* memiliki ciri-ciri sepasang antena yang lurus, abdomen terdiri dari 8 segmen, memiliki siphon yang pendek. Pada instar III duri-duri pada bagian thoraks mulai terlihat jelas dibandingkan instar I dan II. Instar III larva *A. aegypti* ini didapatkan setelah telur ditetaskan dan berumur kurang lebih 5 hari.

Penggunaan larva *A. aegypti* instar III sebagai hewan uji dikarenakan larva instar III memiliki kemampuan yang lebih kuat dalam menetralkan senyawa yang bersifat toksik dibandingkan dengan larva instar I dan II sehingga diharapkan dapat memberikan *Lethal Concentration* yang dapat membunuh larva (Susanna dkk, 2003).

Mortalitas Larva *A. aegypti*

Pada konsentrasi tertinggi didapatkan mortalitas larva tertinggi hingga mencapai 33.3% dan tidak terdapat kematian larva pada konsentrasi dengan tingkat pengenceran 10^{-2} dan 10^{-3} . Nilai *Lethal Concentration* 50% (LC_{50}) setelah 168 jam (7 hari) pemberian perlakuan suspensi konidia didapatkan adalah 1.98×10^6 dengan kisaran 7.92×10^5 sampai 1.09×10^8 . Hal ini menandakan penelitian ini belum sesuai

dengan nilai yang didapatkan dari analisis Probit dengan LC_{50} dalam penelitian ini yaitu 1.98×10^6 karena persentase mortalitas larva tidak mencapai 50% kematian. Pada konsentrasi tertinggi hanya menyebabkan kematian larva sebesar 33.3%. Suspensi konidia *M. anisopliae* dapat dikatakan mungkin efektif digunakan sebagai bioinsektisida larva *A. aegypti* tetapi perlu ditingkatkan konsentrasinya agar dapat menyebabkan mortalitas larva *A. aegypti* sebesar 50% dari populasi dalam waktu 72 jam (3 hari). Pradani (2009) menyatakan bahwa insektisida dapat dikatakan efektif jika dapat menyebabkan mortalitas serangga uji maksimal selama 72 jam setelah diberikan perlakuan. Maka dari itu, suspensi konidia ini perlu ditingkatkan konsentrasinya agar dapat menyebabkan kematian larva hingga 50%. Pada analisis Probit, nilai LC_{50} yang didapatkan dalam penelitian ini adalah 1.98×10^6 sedangkan untuk konsentrasi tertinggi suspensi konidia jamur *M. anisopliae* untuk pengujian adalah 8.18×10^5 .

Konsentrasi suspensi konidia yang paling efektif menyebabkan mortalitas pada larva *A. aegypti* adalah 8.18×10^5 (konidia/ml) meskipun tidak mencapai 50%, konsentrasi ini mendekati penelitian Zuharah *et al.* (2021), konsentrasi paling efektif yang menyebabkan persentase mortalitas larva tertinggi adalah 1×10^6 (konidia/ml). Akan tetapi, lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Pereira *et al.* (2009) yang mana konsentrasi paling efektif adalah 1×10^8 (konidia/ml).

Persentase mortalitas larva tertinggi dipengaruhi oleh konsentrasi dan waktu. Semakin tinggi konsentrasi yang digunakan mortalitas larva semakin tinggi meskipun pada penelitian ini kematian secara signifikan hanya pada konsentrasi tertinggi tetapi hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrasi konidia yang digunakan akan menyebabkan semakin tingginya persentase mortalitas dari larva *A. aegypti*. Hal ini juga dibuktikan pada penelitian Benserradj and Mihoubi (2014) yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi dan lamanya waktu pemaparan suspensi konidia jamur *M. anisopliae* menyebabkan semakin tingginya persentase mortalitas larva *C. pipiens*. Selain itu, perbedaan spesies nyamuk dan strain jamur juga menyebabkan lamanya kematian dari larva (Benserradj and Mihoubi, 2014).

Pada penelitian Butt *et al.* (2013), kematian larva *A. aegypti* disebabkan oleh mekanisme aktivasi jalur apoptosis pada larva yang melibatkan kerja dari enzim caspase oleh senyawa aktif berupa protease yang dilepaskan oleh konidia. Protease ini menyebabkan stres yang menginduksi apoptosis, sehingga menyebabkan kematian pada larva. Jamur *M. anisopliae* efektif digunakan sebagai bioinsektisida karena memiliki aktivitas larvasida dengan menghasilkan destruxin A, B, C, D, E, dan demethyl destruxintin (Yasmin dkk, 2012).

Larva *A. aegypti* yang sudah diberikan perlakuan berupa suspensi konidia *M. anisopliae* pada hari pertama masih bergerak dengan aktif dan belum tercatat adanya kematian larva. Pada hari kedua, pergerakan larva mulai melambat dan baru ada larva yang mati dengan ditandai larva berada didasar air dan tidak bergerak lagi. Hal serupa juga didapatkan dari penelitian Yasmin dkk (2012), larva yang sudah terinfeksi oleh konidia *M. anisopliae* pergerakannya menjadi melemah dan lambat hingga akhirnya mati ditandai dengan larva tidak bergerak lagi dan warna tubuhnya berubah menjadi hijau. Mortalitas larva yang tercatat baru terjadi setelah lebih dari 24 jam karena perlunya konidia untuk berkecambah dan menginfeksi larva. Selain itu, larva *A. aegypti* memiliki tingkat stres yang lebih lama dibandingkan dengan spesies larva yang lain (Greenfield *et al.*, 2015).

Untuk mengetahui kematian larva *A. aegypti* yang disebabkan karena konidia jamur *Metzrhizium anisopliae* maka larva yang sudah mati ditanam didalam PDA steril. Setelah kurang lebih 14 hari, bagian tubuh dari larva ditumbuhi oleh jamur yang memiliki morfologi makroskopis yaitu berwarna hijau dengan tepi berwarna putih. Pada hari pertama setelah larva ditanam di PDA, terdapat lendir berwarna putih pada tubuh larva. Setelah kurang lebih 7 hari, tubuh larva mulai ditumbuhi jamur dengan koloni berwarna putih dan lama kelamaan teradpat warna hijau dibagian tengah. Koloni jamur semakin meluas dan memenuhi 1/2 dari petridish yang berisi PDA.

Maka dari, itu dapat dikatakan bahwa jamur *M. anisopliae* mungkin efektif untuk mengontrol larva *A. aegypti* dengan meningkatkan konsentrasi suspensi yang

digunakan. Sehingga, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk semakin meningkatkan efektivitas dari jamur *M. anisopliae* terhadap mortalitas larva *A. aegypti*.

Kesimpulan

Jamur *M. anisopliae* efektif membunuh larva nyamuk sebesar 33,33% pada konsentrasi $8,18 \times 10^5$ konidia/ml setelah diberikan perlakuan selama 7 hari. Perbedaan konsentrasi pada suspensi konidia jamur *M. anisopliae* tidak signifikan mempengaruhi mortalitas larva

Ucapan terima kasih

Kami mengucapkan terima kasih banyak kepada Fakultas Biologi UGM yang telah membantu pendanaan Hibah Kolaborasi Dosen dan Mahasiswa 2022 untuk penelitian ini. Selain itu, kami mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Entomologi, Fakultas Biologi dan Laboratorium Parasitologi, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan, UGM yang sudah menyediakan fasilitas untuk melakukan penelitian serta semua pihak yang membantu hingga terselesaikannya artikel ilmiah ini.

Referensi

- Bar, A. & Andrew, J. (2013). Morphology and Morphometry of *A. aegypti* Larvae. *Annual Review & Research in Biology*, 3(1): 1-21. <https://journalarrb.com/index.php/ARRB/article/view/24602>.
- Benserradj, O. & Mihoubi, I. (2014). Larvicidal activity of entomopathogenicfungi *Metarhizium anisopliae* against mosquito larvae in Algeria. *International Journal of Current Microbiology Applied Science*, 3 (1) : 54-62. <https://www.ijcmas.com/vol-3-1/O.Benserradj%20and%20I.Mihoubi.pdf>
- Butt, T. M., Greenfield, B. P. J., Greig, C., Maffeis, T. G. G., Taylor, J. W. D., Piasecka, J., Dudley, E., Abdulla, A., Dubowsky, I. M., Garrdio-Jurado, I., Quesada-Moraga, E., Penny, & M. W.,

- Eastwood, D. C. (2013). *M. anisopliae* pathogenesis of mosquito larvae: A verdict of accidental death. *PloS One*, 8. DOI:10.1371/journal.pone.0081686
- Greenfield, B. P. J., Peace, A., Evans, H., Dudley, E., Ansari, M. A., & Butt, T. M. (2015). Identification of *M.* strains highly efficacious against *A. Anopheles* and *Culex* larvae. *Biocontrol Science and Technology*, 25(5) : 487–502. DOI : <http://dx.doi.org/10.1080/09583157.2014.989813>
- Indriyati, L., Salamiah, Fatah, L., Suhartono, E., Ridha, M. R., Fadily, A., Paisal, & Andiarsa, D. (2019). Aplikasi IJEN (Infeksi Jamur Entomopatogen pada Nyamuk) : Jamur *M. anisopliae* pada Nyamuk *A. aegypti*. *Jurnal Vektor Penyakit*, 13 (1) : 33 – 48. DOI:<https://doi.org/10.22435/vektor.v13i1.893>
- Mohammadpourlima, M., Yassoralipour, A., Tong, P. E., Ahmad, Z. A. M., & Yun, W. M. (2017). Morphological and Molecular Characterizations of Rice Blast Fungus, *Magnaporthe oryzae*. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 54(4) : 785-792. DOI:10.21162/PAKJAS/17.3786
- Pereira, C.R., de Paula, A.R., Gomes, S.A., Pedra Jr., P.C.O., & Samuels, R.I. (2009). The potential of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* isolates for the control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *Biocontrol Science and Technology*, 19 (8), 881–886. DOI:10.1080/09583150903147659
- Pradani, F. Y. (2009). Indeks Pertumbuhan Larva *A. aegypti* L. yang Terdedah Dalam Ekstrak Air Kulit Jengkol (*Pithecellobium lobatum*). *Aspirator*, 1(2): 81-86. DOI:10.22435/ASPIRATOR.V1I2.2934
- Sani, I., Yusuf U., Umar K. M. (2016). Larvicidal Efficacy of Entomopathogenic Fungus, *Metarhizium anisopliae* against *Culex quinquefasciatus* (Say) (Diptera: Culicidae). *Annals of Experimental Biology*, 4 (4) :17-21. <https://www.scholarsresearchlibrary.com/abstract/larvicidal-efficacy-of-entomopathogenic-fungus-metarhizium-anisopliae-against-culex-quinquefasciatus-say-diptera-culicid-11924.html>
- Saridewi, M. N., M. Bahar, Anisah. (2017). Uji Efektivitas Antibakteri Perasan Jus Buah Nanas (*Ananas comosus*) Terhadap Pertumbuhan Isolat Bakteri Plak Gigi di Puskesmas Kecamatan Tanah Abang Periode April 2017. *Jurnal Ilmiah Biologi Biogenesis*, 5(2) : 104-110. DOI: <https://doi.org/10.24252/bio.v5i2.3532>
- Suryani, E. T. (2018). Gambaran Kasus Demam Berdarah *Dengue* Di Kota Blitar Tahun 2015-2017. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 6 (3) : 260-267. DOI: 10.20473/jbe.v6i3.2018.260-267
- Sussana, D., Rahman, A., Pawenang, E. T. (2003). Potensi Daun Wangi Untuk Membunuh Larva Nyamuk *A. aegypti*. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 2(2): 228-231. DOI:10.22435/JEK.V2I2
- Syamsir & Pangestuty, D. M. (2020). Autokorelasi Kasus Demam Berdarah *Dengue* Berbasis Spasial Di Wilayah Air Putih, Kota Samarinda. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 12 (2) : 78-86. DOI:10.14710/JKLI.19.2.119-126
- Widiyanti, N. L. P. M. & Muyadihardja, S. (2004). Uji Toksisitas Jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap Larva nyamuk *Aedes aegypti*. *Media Litbang Kesehatan*, 14 (3): 25-30. DOI:10.22435/MPK.V14I3
- Yasmin, Y., Fitri, L. & Bustam, B. M. (2012). Analisis efektivitas Tepung Jamur sebagai Larvasida *A. aegypti*. *Jurnal Natur Indonesia*, 14 (2): 126-130. DOI:10.31258/JNAT.14.1.126-130
- Zuharah, W. F., Rohaiyu, M. R., Azmi, W. A., & Nagao, H. (2021). Pathogenicity of entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* MET-GRA4 isolate on *Dengue* vectors, *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* mosquito larvae (Diptera: Culicidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24(2) : 24-29. DOI:10.1016/J.ASPEN.2021.04.008