



## Uji Viabilitas Cendawan *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin Pada Berbagai Media Perbanyakan

Andromeda Indra Jaya\*

Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: andromeda.sanjaya1@gmail.com

ARTIKEL INFO Dikirim: 18 Juli 2024 Diterima: 19 Juli 2025 Diterbitkan: 21 Juli 2025

### ABSTRAK

**Pendahuluan.** Penelitian terkait uji viabilitas cendawan *M. anisopliae* pada berbagai media perbanyakan dilakukan pada bulan November – Desember 2023 di Laboratorium Perlindungan Tanaman (Perlintan) Politeknik Negeri Jember.

**Metode Pengumpulan Data.** Penelitian ini didapat dengan mengamati waktu yang dibutuhkan *Metarhizium anisopliae* untuk tumbuh (periode pertumbuhan), menghitung laju diameter tumbuh dan kerapatan spora di tiap media perbanyakan. Data yang didapat kemudian dianalisa menggunakan Rancangan Acak Lengkap non faktorial dan kemudian dianalisis ragam (ANOVA) satu arah dan diuji lanjut menggunakan BNT dengan taraf 5%.

**Hasil dan Diskusi.** Hasil uji pada parameter periode tumbuh menunjukkan bahwa *M. anisopliae* pada media bekatul padi tumbuh sedikit lebih awal dibanding media beras jagung dan dedak jagung, pada parameter laju pertumbuhan didapat hasil bahwa *M. anisopliae* pada media tumbuh beras jagung tumbuh lebih cepat dibandingkan media bekatul padi dan dedak jagung, sedangkan pada parameter kerapatan spora didapat hasil bahwa *M. anisopliae* pada media dedak jagung tumbuh lebih cepat pada media beras jagung namun sedikit lebih cepat dibanding media bekatul padi.

**Simpulan.** Berdasarkan hasil pengamatan didapat kesimpulan bahwa media perbanyakan tidak berpengaruh nyata terhadap periode inkubasi, namun berpengaruh sangat nyata pada laju pertumbuhan dan kerapatan spora *M. anisopliae*

### Kata kunci:

*Metarhizium anisopliae*, Media Perbanyakan, Viabilitas.

### ABSTRACT

**Introduction.** Research related to the viability test of *M. anisopliae* fungus on various propagation media was conducted in November - December 2023 at the Plant Protection Laboratory (Perlitan) of Jember State Polytechnic.

**Data Collection Method.** This research was obtained by observing the time required for *Metarhizium anisopliae* to grow (growth period), calculating the growth diameter rate and spore density in each propagation media. The data obtained were then analyzed using a non-factorial Completely Randomized Design and then analyzed one-way variance (ANOVA) and further tested using BNT at the 5% level.

**Results and Discussion.** The test results on the growth period parameter showed that *M. anisopliae* on rice bran media grew slightly earlier than corn rice and corn bran media, on the growth rate parameter it was found that *M. anisopliae* on corn rice media grew faster than rice bran and corn bran media, while on the spore density parameter it was found that *M. anisopliae* on corn bran media grew faster than corn rice media but slightly faster than rice bran media.

**Conclusion.** Based on the observations, it was concluded that the propagation media had no significant effect on the incubation period, but had a very significant effect on the growth rate and spore density of *M. anisopliae*.

### Keywords:

*Metarhizium anisopliae, Propagation Media, Viability.*

### PENDAHULUAN

Hama adalah hal yang tidak dapat dipisahkan dalam kegiatan budidaya tanaman. Hama adalah perusak tanaman pada akar, batang, daun atau bagian tanaman lainnya sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dengan sempurna atau mati (Hariyanto and Sa'diyah, 2018). Dalam kegiatan budidaya tanaman, berbagai upaya dilakukan untuk mengurangi dampak hama terhadap tanaman yang dibudidayakan, tujuannya adalah untuk mencegah kerugian, menambah keuntungan, dan melindungi tanaman dari kerusakan yang disebabkan oleh hama.

Pengendalian hama adalah tindakan dengan tujuan untuk membatasi atau mengurangi perkembangan hama dan menekan populasi agar berada pada tingkat yang tidak merugikan. Ada beberapa metode dalam pengendalian hama, yakni : pengendalian dengan undang-undang, pengendalian secara kultur teknik, pengendalian secara fisik dan mekanik, pengendalian secara hayati, pengendalian secara genetik, dan pengendalian secara kimiawi. Metode yang digunakan harus disesuaikan dengan kondisi lapang. Metode pengendalian hama yang sering digunakan oleh para petani adalah metode kimiawi, yaitu menggunakan pestisida. Pestisida adalah substansi atau campuran dari berbagai substansi yang sengaja digunakan yang bertujuan untuk menghambat, menghancurkan, mengusir, dan/mengurangi intensitas serangan hama yang merugikan tanaman (United States Environmental Protection Agency, 2020).

Dalam praktiknya, beberapa pestisida memiliki efek negatif terhadap manusia, maupun lingkungan disekitarnya. Tercatat lebih dari 1000 pestisida yang digunakan dalam pertanian diseluruh dunia. Setiap pestisida memiliki kandungan, efek, dan kegunaan yang berbeda (World Health Organization, 2022). Dalam penerapannya, hanya 20% dari pestisida yang diaplikasikan tepat sasaran, sebanyak 80% sisanya jatuh kedalam tanah dan menjadi residu (Sofia, 2002). Beberapa pestisida juga bisa mematikan mikroorganisme dalam tanah, sehingga menjadikan tanah

tidak subur lagi. Maka, perlu alternatif lain dalam pengendalian hama tanpa penggunaan pestisida kimia, salah satunya adalah dengan pengendalian secara hayati. Salah satu metode pengendalian hama secara hayati adalah menggunakan *M. anisopliae*. Namun pemanfaatan *M. anisopliae* tidak tersedia banyak di alam, sehingga diperlukan perbanyakkan sebelum dimanfaatkan.

#### **TINJAUAN PUSTAKA**

*M. anisopliae* adalah cendawan entomopatogen yang tumbuh pada kutikula inang serangga (Woessner, 2013). Cendawan ini diketahui dapat digunakan untuk pengendalian hama tanaman seperti uret, belalang, dan wereng. Genus *Metarhizium* ditentukan berdasarkan pada susunan rantai bantalan phialides dan kolom kering dan umumnya hijau, konidia silindris atau sedikit bulat telur (Zimmermann, 2007). *M. anisopliae* awalnya memiliki warna putih kehijauan, namun seiring berjalannya waktu, akan berubah warna menjadi hijau gelap atau berwarna hijau zaitun.

*M. anisopliae* merupakan cendawan mikroskopis, artinya hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. *M. anisopliae* umumnya tumbuh dalam waktu 3 hari setelah diinkubasi (Novianti, 2016). Cendawan *M. anisopliae* tersusun dari hifa atau benang halus. *M. anisopliae* memiliki tubuh buah yang berbentuk mirip cawan atau bonggol dengan diameter sekitar 1-2 mm. *M. anisopliae* memiliki konidiofor yang bersusun tegak, berlapis, dan bercabang yang dipenuhi oleh konidia/spora yang berbentuk bulat silinder atau lonjong berukuran 5µm-8µm (Elham dkk., 2018). Cendawan *M. anisopliae* memiliki rerata kerapatan spora sebanyak  $5,8 \times 10^6$  (Sari and Rosmeita, 2020) *M. anisopliae* bersifat saprofit, artinya organisme yang mendapatkan nutrisi dari bahan organik yang sudah mati. Cendawan ini umumnya ditemukan di dalam lapisan (top soil) tanah. Cendawan ini mampu tersebar diseluruh dunia dari artik sampai ke tropis, baik di tanah maupun serangga (Zimmermann, 2007). Jangkauan serangga inang *M. anisopliae* sangat luas, sebagian besar berasal dari ordo *Coleoptera*, khususnya hama serangga yang menghuni tanah termasuk lebih dari 70 spesies kumbang.

*M. anisopliae* dibedakan menjadi beberapa isolat, masing masing isolat menginfeksi spesies yang lebih spesifik. Perbedaan isolat *M. anisopliae* juga menyebabkan beberapa isolat lebih spesifik berdampak terhadap kondisi lapang tertentu dibanding studi di laboratorium (Zimmermann, 2007). *M. anisopliae* adalah cendawan yang hanya hidup didalam tanah. Pergerakan *M. anisopliae* didalam tanah dipengaruhi oleh jenis tanah, air tanah, organisme tanah, dan akar tanaman. pada lingkungan udara, tidak ada bukti konidia *M. anisopliae* muncul di udara, hanya pada dedaunan dan serangga saja. Begitu pula pada lingkungan air, meski konidia *M. anisopliae* mampu bertahan dalam air, namun belum ada studi yang menunjukkan konidia *M. anisopliae* berpengaruh terhadap lingkungan perairan seperti danau, sungai, dan lain sebagainya (Zimmermann, 2007).

*M. anisopliae* pertama kali diuji toksisitasnya pada kondisi laboratorium terhadap hama kumbang kentang manis (*Cylas formicarius*) pada tahun 1984. Hasil uji tersebut menunjukkan *M. anisopliae* menyebabkan kematian terhadap kumbang tersebut. Uji pertama *M. anisopliae* pada lingkungan lapang dilakukan pada 1998, yang meskipun menyebabkan kematian pada beberapa hama namun hasil uji menunjukkan hasil yang tidak signifikan (Putnoky-Csicsó dkk., 2020). Cendawan *M. anisopliae* diketahui dapat tumbuh pada berbagai media yang mengandung unsur makro mikro yang diperlukan. Secara spesifik *M. anisopliae* membutuhkan carbon dan nitrogen (De Mandal and Passari, 2021). Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan *M. anisopliae* ada 3, yakni : suhu dan kelembapan, sinar matahari, dan derajat keasaman (pH). Suhu yang dibutuhkan agar cendawan *M. anisopliae* tumbuh optimal adalah 23-25 °C, dan kadar kelembapan 80-92%. Sinar matahari dapat menghambat pertumbuhan *M. anisopliae*, semakin banyak intensitas cahaya, maka semakin lambat pula pertumbuhan *M. anisopliae*. Derajat keasaman (pH) yang dibutuhkan agar *Metarhizium* dapat tumbuh optimal adalah 6,5 (Ratmawati, 2020). Beberapa contoh media yang mengandung unsur makro dan mikro yang dibutuhkan untuk *M. anisopliae* tumbuh yakni : beras jagung, bekatul padi dan dedak jagung.

#### **METODE**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman (Perlitan) Politeknik Negeri Jember, pada bulan November – Desember 2023. Dengan keadaan ruang penyimpanan

steril dan berada pada suhu ruang. Alat yang diperlukan berupa petridish, Laminar airflow, autoclave, dan mikroskop. Bahan yang diperlukan berupa media beras jagung, bekatul padi dan dedak jagung. Parameter yang diamati yakni Periode inkubasi, Laju Pertumbuhan dan Kerapatan Spora.

Tahapan pertama yang dilakukan yakni pembuatan media dengan cara mengukus tiap media sampai setengah lunak lalu dimasukkan kedalam petridish dan kemudian di sterilisasi pada autoclave, setelah media didiamkan sehari semalam media diinokulasi dengan *M. anisopliae* pada kondisi steril dan disimpan. Pengamatan dilakukan dengan melihat dari petridish, sedangkan untuk menghitung kerapatan spora dengan metode mikroskop dan dihitung menggunakan rumus kerapatan spora (Novianti, 2016). Rancangan penelitian yang digunakan merupakan Rancangan Acak Lengkap non faktorial, analisa data menggunakan analisis ragam (ANOVA) satu arah melakukan uji lanjut dengan BNT dengan taraf 5%

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Periode Inkubasi

Periode inkubasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk cendawan mulai memperbanyak diri pada media. *M. anisopliae* mulai tumbuh ditandai dengan munculnya hifa. Umumnya hifa *M. anisopliae* mulai muncul 3 hari setelah inokulasi (Novianti, 2016).

**Tabel 1 Periode Inkubasi**

Media Perlakuan	Periode Inkubasi (Hari)
Beras Jagung	4,0
Bekatul Padi	3,5
Dedak Jagung	3,8

Hasil uji menunjukkan media perbanyakkan tidak berpengaruh nyata terhadap waktu muncul hifa. Hal ini menunjukkan bahwa *M. anisopliae* mampu menyerap nutrisi yang dibutuhkan pada ketiga media tersebut. Tabel tersebut menunjukkan media beras jagung cenderung lebih lambat dibandingkan media bekatul padi dan dedak jagung. Hal ini diduga karena bekatul lebih halus sehingga nutrisi yang ada pada bekatul padi lebih mudah diserap oleh *M. anisopliae*. Semakin halus media maka makin mudah *M. anisopliae* menyerap nutrisi media tersebut (Novianti, 2016). Nutrisi yang ada pada media tersebut diserap oleh hifa dan spora yang ikut larut saat dilakukan inokulasi. Nutrisi yang diserap kemudian menyebabkan hifa tumbuh pada media tersebut. Lama kelamaan hifa tumbuh semakin besar dan menjadi miselium yang menyebabkan cendawan dapat diamati.

Tekstur yang lebih halus pada bekatul padi dan dedak jagung menyebabkan cendawan lebih mudah untuk menyerap nutrisi pada media bekatul padi dan dedak jagung, sehingga cendawan tumbuh cenderung lebih cepat dibanding media beras jagung (Sadad et al., 2014). Hifa berbentuk seperti benang halus berwarna putih. Hifa ini nantinya akan berkembang menjadi miselium. Miselium adalah kumpulan dari hifa yang membentuk tubuh cendawan (Renaldy et al., 2023). Miselium ini nantinya akan berdiferensiasi menjadi apresorium. Apresorium berfungsi sebagai kulit terluar cendawan yang berfungsi untuk menembus media, sehingga hifa bisa menyerap nutrisi yang ada pada media tersebut (Pasaribu et al., 2015). Nutrisi yang diserap kemudian disimpan dalam bentuk glikogen sebagai sumber energi cendawan. Kemampuan cendawan menyerap nutrisi media untuk mulai tumbuh dipengaruhi oleh jenis dan bentuk media itu sendiri. Media yang mengandung karbohidrat, protein, dan vitamin pada umumnya sudah cukup untuk menumbuhkan cendawan *M. anisopliae* (Anggraini et al., 2021).

### Laju Pertumbuhan

Laju pertumbuhan adalah kecepatan tumbuh cendawan *M. anisopliae*. Laju pertumbuhan didapat dari luas cendawan tumbuh dibagi dengan waktu yang diperlukan (hari). Semakin cepat laju pertumbuhan cendawan menandakan makin baik media tersebut karena hal tersebut

menandakan cendawan mendapatkan nutrisi yang dibutuhkan untuk tumbuh dari media tersebut (Soesanto et al., 2023).

**Tabel 2 Laju Pertumbuhan**

<b>Media Perbanyakkan</b>	<b>Laju Pertumbuhan (mm/hari)</b>
Beras Jagung	4,21
Bekatul Padi	6,21
Dedak Jagung	5,67

Tabel 2 menjelaskan bahwa laju pertumbuhan pada media beras jagung berbeda nyata jika dibandingkan dengan media bekatul padi. dan tidak ada perbedaan signifikan antara media bekatul padi dan dedak jagung. Media beras jagung adalah media dengan laju pertumbuhan paling lambat dan media bekatul padi adalah media dengan nilai laju pertumbuhan tertinggi. Hal ini menandakan media bekatul padi menyediakan nutrisi yang lebih baik untuk laju pertumbuhan cendawan. Hal ini diduga karena media bekatul padi bertekstur lebih halus dibandingkan dengan media beras jagung, sehingga cendawan lebih mudah untuk menyerap nutrisi yang ada didalam media tersebut. Semakin halus tekstur media, semakin mudah cendawan menyerap nutrisi media tersebut (Novianti, 2016).

Laju pertumbuhan dipengaruhi oleh kemampuan cendawan untuk bisa menyerap nutrisi dan memperbesar koloninya. Semakin baik cendawan menyerap nutrisi pada media, maka semakin cepat cendawan untuk memperbesar koloni. Cendawan pada umumnya akan selalu memperbesar koloninya apabila kondisi lingkungan tersebut cocok. Kondisi lingkungan tersebut meliputi : nutrisi, suhu, kadar pH dan kelembaban. Kondisi suhu, kadar pH dan kelembaban ketiga media beras jagung, bekatul padi dan dedak jagung berada pada kondisi yang homogen dan mampu menunjang pertumbuhan cendawan. Media bekatul padi menunjukkan laju pertumbuhan yang lebih tinggi, hal ini menunjukkan bahwa media bekatul padi mampu menyediakan nutrisi untuk *M. anisopliae* untuk memperbesar koloni yang lebih baik dibandingkan media beras jagung dan dedak jagung. Hal ini diduga karena media bekatul padi bertekstur lebih halus dibanding beras jagung sehingga cendawan lebih mudah menyerap nutrisi yang ada pada bekatul seperti karbohidrat dan protein. Hal ini diperkuat dengan laju pertumbuhan media dedak jagung yang tidak memiliki perbedaan yang signifikan terhadap laju pertumbuhan bekatul padi.

Suhu pada penelitian ini berada pada suhu ruang yakni 24°C, dengan kadar kelembaban 97% dan kadar pH masing masing media yakni : beras jagung 4, bekatul padi 5, dan dedak jagung 5,5. Kondisi lingkungan ini sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan oleh *M. anisopliae* untuk tumbuh yakni bersuhu 22-28°C, kelembaban diatas 90%, dan kadar pH antara 3,3-8,5 (Ratmawati, 2020).

Cendawan *M. anisopliae* mampu menyerap dan menggunakan karbohidrat larut dan tidak larut pada media bekatul padi untuk tumbuh. Cendawan juga mampu menggunakan protein sebagai pengganti karbohidrat untuk tumbuh (Moore et al., 2011). Diduga bekatul padi menyediakan nutrisi seperti karbohidrat dan protein yang lebih baik dibandingkan media beras jagung dan dedak jagung sehingga cendawan *M. anisopliae* mampu untuk tumbuh lebih baik.

Struktur cendawan yang mempengaruhi kemampuan menyerap nutrisi adalah appressorium dan haustorium. Appressorium berfungsi untuk menembus media perbanyakkan, sehingga hifa bisa menyerap nutrisi pada media tersebut. Haustorium berfungsi untuk menunjang koloni pada media sehingga cendawan bisa melekat pada media (Moore et al., 2011). Semakin halus tekstur media maka semakin mudah cendawan tersebut menyerap nutrisi pada media. Semakin mudah cendawan menyerap nutrisi pada media, semakin cepat laju pertumbuhan cendawan.

### **Kerapatan Spora**

Kerapatan spora merupakan penghitungan banyaknya spora per mililiter larutan. Adanya spora menunjukkan cendawan mampu melakukan perbanyakkan diri pada media perbanyakkan tersebut. Semakin tinggi nilai kerapatan spora satu media perbanyakkan menandakan media tersebut mampu menyediakan nutrisi yang dibutuhkan *M. anisopliae* untuk memperbanyak diri. Spora *M. anisopliae* berbentuk mulai dari ellipsoid berukuran 5-8µm hingga berbentuk lonjong (Elham et al., 2018).

**Gambar 1 Spora *Metarhizium anisopliae* Diamati Lewat Mikroskop**



**Tabel 3 Kerapatan Spora *Metarhizium anisopliae***

Media Perbanyakkan	Kerapatan Spora
Beras Jagung	$1,92 \times 10^6$
Bekatul Padi	$2,64 \times 10^6$
Dedak Jagung	$2,85 \times 10^6$

Tabel 3 menjelaskan bahwa nilai kerapatan spora pada media beras jagung lebih lambat dibandingkan media bekatul padi dan dedak jagung. Nilai kerapatan spora media bekatul padi berbeda tidak signifikan dibanding media dedak jagung. Media beras jagung adalah media dengan nilai kerapatan spora terendah dan media dedak jagung adalah media dengan nilai kerapatan spora tertinggi. Hal ini menandakan media dedak jagung lebih baik untuk perbanyakkan *M. anisopliae*.

Spora digunakan cendawan untuk memperbanyak diri. Spora umumnya muncul setelah hari ke-8 dan ditandai dengan hifa yang berubah warna menjadi hijau zaitun (Amanda, 2023). Spora membutuhkan kelembaban dan suhu yang sesuai agar bisa tumbuh. Kadar kelembaban yang dibutuhkan untuk spora tumbuh adalah diatas 85% dengan suhu berkisar antara 22-28 °C (Ratmawati, 2020). Pada media beras jagung, bekatul padi dan dedak jagung semuanya memiliki spora yang menandakan kondisi pada tiap media sesuai untuk spora tumbuh.

Berdasarkan pengamatan, didapat hasil pada media dedak jagung memiliki nilai kerapatan tertinggi. Hal ini diduga karena dedak jagung bertekstur lebih halus dibandingkan beras jagung sehingga cendawan lebih mudah untuk menyerap nutrisi yang ada pada media. Nutrisi yang mudah diserap pada media dedak jagung tersebut menyebabkan cendawan tumbuh lebih cepat. Semakin cepat cendawan tumbuh, maka semakin lama waktu cendawan. Semakin lama cendawan tumbuh maka semakin lama pula waktu cendawan menumbuhkan spora, menyebabkan nilai kerapatan spora yang semakin tinggi. Spora pada cendawan akan terus tumbuh, asalkan nutrisi yang dibutuhkan untuk cendawan tumbuh seperti karbohidrat, protein, dan mineral terpenuhi (Amanda, 2023).

#### **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan, yaitu media perbanyakkan tidak berpengaruh nyata terhadap periode inkubasi, namun berpengaruh sangat nyata pada laju pertumbuhan, dan kerapatan spora cendawan *M. anisopliae*.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Amanda, V.R. (2023). *Identifikasi Morfologi dan Kerapatan Spora M. anisopliae selama penyimpanan pada suhu ruang*. Skripsi. Politeknik Negeri Jember.

- Anggraini, N., Suhartono, S., Alfizar, A., Husni, H., Rusdiana, S., Fauziah, F. dan Syauckani, S. (2021). Growth of Entomopathogenic Fungi Colonies *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin Enriched with Termite Juice. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 667.
- Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Demak. (2021). Dampak Pestisida Sintetis dan Cara Menurunkan Residunya. Dalam <https://dinpertenpangan.demakkab.go.id/?p=3248> [diakses :26 Juni 2023].
- Elham, M.S.H., Kin, P.K., Lin, G.L.E., Ishak, I. dan Azmi, W.A. (2018). Occurrence of Entomopathogenic Fungus, *Metarhizium anisopliae* isolated from Island, BRIS and coastal soils of Terengganu, Malaysia. *Journal of Sustainability Science and Management*, 13 Hal. 179–190.
- Hariyanto, R. dan Sa'diyah, K. (2018). Sistem Pakar Diagnosis Penyakit dan Hama pada Tanaman Tebu Menggunakan Metode Certainty Factor. *JOINTECS (Journal of Information Technology and Computer Science)*, 3. Hal. 1–4.
- Herlinda, S., Hartono dan Irsan, C. (2008). Efikasi Bioinsektisida Formulasi Cair Berbahan Aktif *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. dan *Metarhizium sp.* pada Wereng Punggung Putih (*Sogatella furcifera* Horv.). *Seminar Nasional dan Kongres PATPI 2008, Palembang 14-16 Oktober 2008 EFIKASI*. Hal.1–15.
- Indrayani, I. (2017). Potensi Jamur *Metarhizium anisopliae* (Mestch.) Sorokin Untuk Pengendalian Secara Hayati Hama Uret Tebu *Lepidiota stigma* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Perspektif*, 16. Hal. 24–32.
- De Mandal, S. dan Passari, A.K. (2021). *Recent Advancement in Microbial Biotechnology: Agricultural and Industrial Approach*, *Recent Advancement in Microbial Biotechnology: Agricultural and Industrial Approach*. Academic Press.
- Moore, D., Robson, G.D. dan Trinc, A.P.J. (2011). *Guidebook to Fungi 21st Century*. Cambridge University Press.
- Mulyono. (2007). *Kajian Patogenisitas Cendawan Metarhizium anisopliae Terhadap Hama Oryctes rhinoceros L. Tanaman Kelapa Pada Berbagai Waktu Aplikasi*. Tesis. Universitas Sebelas Maret.
- Novianti, D. (2016). Efektivitas Beberapa Media Untuk Perbanyakkan Jamur *Metarhizium anisopliae*. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 14(2). Hal. 1–23.
- Nurkomar, I. dan Aisyah, S.N. (2021). Pembuatan Pestisida Berbahan Dasar Jamur *Metarhizium sp.* Untuk Mengendalikan Hama Uret *Oryctes rhinoceros* Bersama Kelompok Tani Mandiri, Warungpring, Pemalang. *Prosiding Seminar Nasional Program Pengabdian Masyarakat*. Hal. 1779–1784.
- Pasaribu, S.A., Rosmayati, R. dan Sumarmadji, S. (2015). Uji Ketahanan Klon Karet Irr Seri 400 Terhadap Beberapa Isolat Penyakit Gugur Daun *Colletotrichum*. *Jurnal Penelitian Karet*, 33. Hal. 131–142.
- Putnoky-Csicsó, B., Tonk, S., Szabó, A., Márton, Z., Bogdányi, F.T., Tóth, F., Abod, É., Bálint, J. dan Balog, A. (2020). Effectiveness of the Entomopathogenic Fungal Species *Metarhizium anisopliae* Strain Ncaim 362 Treatments Against Soil Inhabiting *Melolontha melolontha* Larvae in Sweet Potato (*Ipomoea Batatas L.*). *Journal of Fungi*, 6. Hal. 1–16.

- Ratmawati, I. (2020). Jamur *Metarhizium anisopliae* Senjata Alami Atasi Larva Kwangwung. *POPT Perkebunan*. Hal. 1-4.
- Renaldy, N.A., Wijayanti, S.R.I.P., Bahua, H., Rizki, N., Laksmi, S., Oktarani, T.R.I., Djarot, I.R.A.N., Widyastuti, N., Studi, P., Bioteknologi, B., Sains, F., Al, U., Indonesia, A. dan Sisingamangaraja, J. (2023). Karakteristik Limbah Baglog Produksi Kulit Sintetis Miselium Jamur (*Mylea*) Sebagai Bioenergi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24. Hal. 292-299.
- Resmisari, A. (2006). Review : Tepung jagung komposit, pembuatan dan pengolahannya. Makalah. Institut Pertanian Bogor. (Belum Dipublikasikan).
- Roberts, D.W. dan St. Leger, R.J. (2004). *Metarhizium* spp., Cosmopolitan Insect-pathogenic fungi: Mycological aspects. *Advances in Applied Microbiology* 54. Hal. 1-70.
- Sadad, A., Asri, M.T. dan Ratnasari, E. (2014). Pemanfaatan Bekatul Padi, Bekatul Jagung, dan Kulit Ari Biji Kedelai sebagai Media Pertumbuhan Miselium Cendawan *Metarhizium anisopliae*. *LenteraBio*, 3. Hal. 136-140.
- Sari, D.U. (2018). *Eksplorasi Jamur Entomopatogen Metarhizium sp. Pada Beberapa Tanaman Perkebunan*. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Sari, W. dan Rosmeita, C.N. (2020). Identifikasi Morfologi Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* Asal Tanaman Padi Cianjur. *Pro-STek*, 2. Hal. 1.
- Soesanto, L., Mugiastuti, E., Ragil Sastyawan, M.W. dan Manan, A. (2023). Preservation of Weeds Pathogenic Fungi in Tempeh and Tapioca Liquid Waste and its Effectiveness an Goatweed (*Ageratum conyzoides*). *Journal of Tropical Plant Pests and Diseases*, 23. Hal. 31-41.
- Sofia, D. (2002). *Pengaruh Pestisida dalam Lingkungan Pertanian*. Thesis. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- United States Environmental Protection Agency. (2020). What is a Pesticide?. Dalam <https://www.epa.gov/minimum-risk-pesticides/what-pesticide> [Diakses: 30 Mei 2023].
- Wisnujatia, N.S. dan Sangadji, S.S. (2021). Pengelolaan Penggunaan Pestisida Dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia. *SEPA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 18. Hal. 92.
- Woessner, J.F. (2013). Carboxypeptidase MeCPA. *Handbook of Proteolytic Enzymes*, 1. Hal. 1329-1331.
- World Health Organization. (2022). *Pesticide residues in food*. Dalam <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food> [Diakses: 1 Juni 2023].
- Zimmermann, G. (2007). Review on Safety of the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae*. *Biocontrol Science and Technology*, 17. Hal. 879-920.