

Identifikasi Karakteristik Morfologi Jamur Entomopatogen *Metarhizium* sp. yang Diisolasi dari Serangga Berbeda Asal Tanaman Padi Dumoga

Rowland Ervan R. Mangais* dan Parluhutan Siahaan

Program Studi Biologi, Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: mangaisrowland12@unsrat.ac.id

Abstrak. Perubahan iklim global berdampak signifikan terhadap dinamika populasi hama pertanian, termasuk pada ekosistem pertanaman padi. Hal ini menuntut hadirnya strategi pengendalian hama yang ramah lingkungan, berkelanjutan, dan adaptif terhadap kondisi ekosistem yang terus berubah. Jamur entomopatogen *Metarhizium* sp. merupakan salah satu agen hayati yang potensial digunakan sebagai biopestisida ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ciri-ciri morfologi dari jamur *Metarhizium* sp. yang ditemukan pada serangga inang yang berbeda di wilayah pertanaman padi sebagai dasar pengembangan biopestisida berbasis agens hayati yang ramah lingkungan. Penelitian ini melibatkan eksplorasi jamur *Metarhizium* pada berbagai serangga inang dan pertumbuhannya pada media PDA. Karakteristik morfologi kemudian dianalisis secara deskriptif, dilanjutkan dengan menghitung kerapatan dan viabilitas konidia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat *Nilaparvata lugens* (NL) dan *Recilia dorsalis* (RD) tidak memiliki perbedaan pada bentuk, tepi, elevasi, dan warna koloni, tetapi keduanya memiliki tepi dan warna koloni yang berbeda dengan isolat *Schotinopara coarctata* (SC). Analisis mikroskopis, ketiga isolat tidak memiliki perbedaan pada warna, percabangan, atau sekat hifa, tetapi bentuk konidia isolat SC berbeda dari dua isolat lainnya. Isolat NL memiliki kerapatan konidia tertinggi, diikuti isolat SC dan RD. Konidia jamur *Metarhizium* ketiga isolat memiliki viabilitas yang berbeda pada 0 jam, 8 jam pertama, 16 jam, dan 24 jam.

Kata Kunci: Entomopatogen; *Metarhizium* sp; *Schotinopara coarctata*; *Nilaparvata lugens*; *Recilia dorsalis*

PENDAHULUAN

Perubahan iklim berdampak signifikan terhadap dinamika populasi hama padi melalui peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan, dan kelembapan yang memicu percepatan siklus hidup serta peningkatan tingkat reproduksi hama. Kondisi ini menyebabkan ledakan populasi hama seperti *Nilaparvata lugens* (wereng batang cokelat) yang dapat menimbulkan kerugian besar pada produksi padi. Selain itu, perubahan iklim juga memperluas wilayah sebaran hama ke daerah-daerah baru yang sebelumnya tidak terdampak. Situasi ini menuntut adanya solusi pengendalian yang ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan agens hayati seperti jamur entomopatogen yang mampu menekan populasi hama tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Pendekatan ini sejalan dengan upaya pertanian berkelanjutan dalam menghadapi perubahan iklim (Subedi *et al.*, 2023; Rajamani *et al.*, 2023).

Jamur entomopatogen merupakan salah satu agens hayati yang telah banyak dimanfaatkan sebagai alternatif pengendalian serangga hama yang ramah lingkungan (Sudarjat *et al.*, 2023). Pengendalian yang ramah lingkungan terus dilakukan secara masif demi mengurangi dampak negatif akibat aplikasi pestisida sintetik. Cendawan entomopatogen mampu menginfeksi serangga target secara spesifik dengan risiko rendah terhadap serangga non-target (Rohrlich *et al.*, 2018). Salah satu jamur entomopatogen yang telah banyak dipelajari dan dimanfaatkan adalah jamur *Metarhizium* sp.

Jamur *Metarhizium* sendiri merupakan jamur yang sangat beragam, dimana terdapat kurang lebih 30 spesies jamur dengan masing-masing kisaran serangga inang yang luas (Kepler *et al.*, 2014; Brunner-Mendoza *et al.*, 2019). Jamur ini dapat menginfeksi serangga hama dari beberapa ordo seperti Isoptera, Homoptera, Coleoptera, Hemiptera dan Lepidoptera (Putnoky-Csicsó, *et al.*, 2022). Miselium dari cendawan entomopatogen ini berwarna hijau zaitun dan dapat dengan jelas terlihat pada serangga yang telah terinfeksi.

Mengingat peran alamnya dalam mengatur populasi serangga tanah dan dampak positifnya terhadap kesehatan keseluruhan tanaman, pertumbuhan, serta produktivitas, *Metarhizium* spp.

dianggap penting secara ekonomis dan ekologis. Sehingga mempelajari jamur ini menjadi penting sebagai bagian dalam upaya pemanfaatan dalam pengendalian serangga hama pada ekosistem pertanian. Salah satu aspek yang dipelajari adalah karakter morfologi, dimana perbedaan karakter morfologi memegang peranan penting pada kemampuan dari jamur dalam menginfeksi serangga hama.

Pertanaman padi di Dumoga juga telah ditemukan serangga hama yang terinfeksi jamur *Metarhizium* sp. (Siahaan *et al.*, 2020), akan tetapi belum ada penelitian mengenai karakter morfologi dari jamur *Metarhizium* yang diisolasi dari serangga hama yang berbeda, padahal perbedaan inang dapat memberikan perbedaan pada karakteristik dari jamur tersebut. Atas dasar itulah maka penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik morfologi jamur *Metarhizium* sp dari serangga inang yang berbeda di daerah pertanian padi.

METODE

Penelitian ini dilakukan dari Juni hingga Juli 2025 di Laboratorium Biologi Lanjut. Sampel cendawan *Metarhizium* sp. yang digunakan pada penelitian ini adalah isolat dari serangga berbeda pada pertanian padi di Dumoga.

Sampel serangga yang diperoleh kemudian disterilkan dengan menggunakan alkohol 70%, kemudian dibilas menggunakan air steril. Selanjutnya sampel serangga yang telah disterilkan diletakan pada cawan petri dengan kondisi lembab, kemudian diinkubasi sehingga memicu pertumbuhan dari jamur. Jamur yang tumbuh pada tubuh serangga kemudian diinokulasi pada media PDA dan diinkubasi selama 7 hari (Wang *et al.*, 2020). Jamur yang telah tumbuh pada media PDA kemudian diamati dan dideskripsikan serta diidentifikasi dengan bantuan buku identifikasi jamur oleh Barnett and Hunter (1972); Webster and Weber (2007).

Jamur pada media PDA kemudian ditumbuhkan pada media beras dan diinkubasi selama 14 hari untuk perhitungan kerapatan konidia masing-masing isolat. Empat belas hari setelah inkubasi jamur pada media beras diubah kedalam bentuk suspensi. Suspensi konidia diambil dan diteteskan pada gelas objek dan diamati menggunakan haemocytometer. Untuk kerapatan konidia dihitung dengan rumus dari Rosmiati *et al.*, 2018, sebagai berikut:

$$\text{Conidia Density} = \left(\frac{\bar{X}}{L \times t \times d} \right) 10^3$$

S = kerapatan konidia/ml.

\bar{X} = Rata-rata jumlah konidia pada kelima kotak.

L = luas kotak hitung (0,04 mm³)

T = kedalaman bidang hitung (0,1 mm)

d = faktor pengenceran

10³ = volume suspensi yang dihitung

Pengamatan viabilitas konidia dilakukan dengan mengambil 10 µL suspensi dan ditempatkan pada kaca objek dan ditutup dengan menggunakan kaca penutup, kemudian diamati di bawah mikroskop. Pengamatan viabilitas jamur dilakukan pada 0 jam, 8 jam, 16 jam dan 24 jam. Viabilitas jamur *Metarhizium* sp. dihitung dengan rumus dari Indriyanti (2021):

$$\text{viability} = g / (g+u) \times 100\%$$

V: Viabilitas jamur (perkecambahan konidia)

g: Jumlah konidia berkecambah

u: Jumlah konidia tidak berkecambah

HASIL DAN PEMBAHASAN

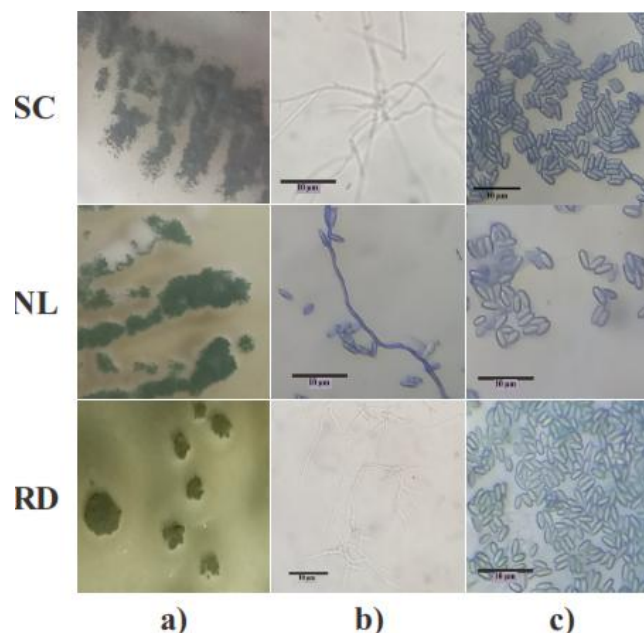
Karakteristik Morfologi jamur *Metarhizium* sp

Hasil analisis karakteristik morfologi jamur *Metarhizium* ditampilkan dalam **Tabel 1**, yang mencakup berbagai aspek, termasuk bentuk koloni, tepi, elevasi, dan warna koloni jamur. Selain itu, pengamatan mikroskopis meliputi warna dan percabangan hifa, sekat pada hifa, serta warna dan bentuk konidia.

Tabel 1. Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis Jamur *Metarhizium* sp. dari Tiga Serangga Inang Berbeda

Asal Isolasi	Karakteristik Makroskopis				Karakteristik Mikroskopis			
	Bentuk Koloni	Tepi Koloni	Elevasi Koloni	Warna Koloni	Percabangan Hifa	Sekat Hifa	Warna	Bentuk Konidia
<i>S. coarctata</i>	Bulat	Filamentous	Terangkat	Hijau keabuan	Bercabang	Bersekat	Hialin	Silindris
<i>N. lugens</i>	Bulat	Rhizoid	Terangkat	Hijau Tua	Bercabang	Bersekat	Hialin	Elipsoid
<i>R. dorsalis</i>	Bulat	Rhizoid	Terangkat	Hijau Tua	Bercabang	Bersekat	Hialin	Elipsoid

Berdasarkan hasil pengamatan karakteristik morfologi secara makroskopis maupun mikroskopis (**Gambar 1**), dapat disimpulkan bahwa ketiga isolat yang ditemukan merupakan jamur *Metarhizium* sp. Kesimpulan ini didukung perbandingan dengan buku identifikasi jamur oleh Barnett and Hunter (1972); Webster and Weber (2007). Karakteristik jamur *Metarhizium* sp. dari ketiga isolat yang ditemukan sesuai dengan ciri umum dari jamur *Metarhizium* sp.. Secara umum, jamur ini akan berwarna putih pada fase vegetatif dan mengalami perubahan warna menjadi hijau muda hingga hijau tua. Konidiofor tumbuh tegak dan bercabang serta tidak berwarna (hialin), hifa bersekat, dan konidia bersifat hialin dengan bentuk yang bervariasi dari silinder hingga ellipsoidal.



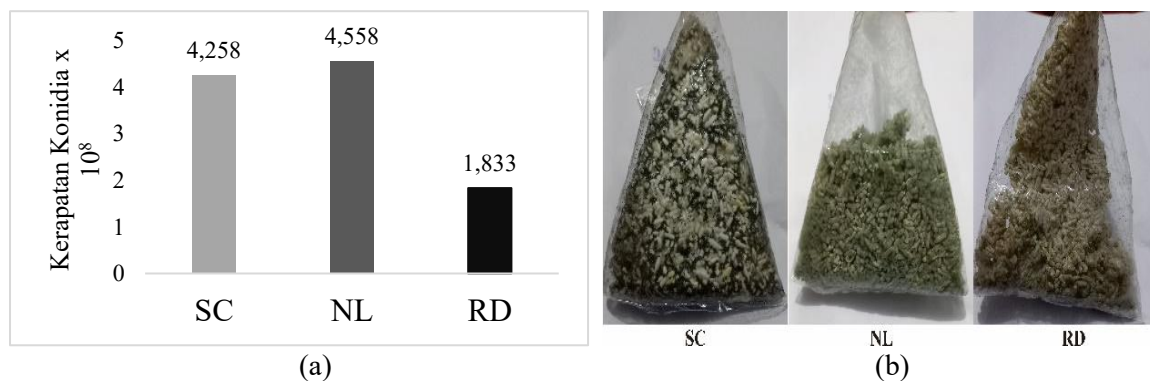
Gambar 1. Morfologi Makroskopis dan Mikroskopis Jamur *Metarhizium* sp. SC). Isolasi S. coarctata; NL) Isolasi N. lugens; RD). Isolasi R. dorsalis. (a) Koloni jamur pada media PDA; b) Hifa; c) Konidia.

Isolat NL dan RD memiliki kemiripan morfologi, sedangkan isolat SC berbeda terutama pada tepi dan warna koloni. Perbedaan ini sejalan dengan temuan Priyatno *et al.* (2016) yang

menunjukkan variasi warna koloni *Metarhizium* sp. antar inang. Secara mikroskopis, ketiga isolat memiliki hifa bercabang, bersekat, dan hialin (Cito *et al.*, 2014), namun isolat SC memiliki konidia silindris (Sari & Rosmeita, 2020), sementara NL dan RD berbentuk elipsoid (Baro *et al.*, 2021). Variasi ini diduga dipengaruhi faktor genetik dan adaptasi lingkungan, termasuk interaksi dengan inang serangga berbeda (Laland *et al.*, 2015).

Kerapatan Konidia Jamur *Metarhizium* sp

Isolat dengan kerapatan konidia tertinggi adalah isolat NL ($4,558 \times 10^8$ konidia/ml), diikuti SC ($4,258 \times 10^8$ konidia/ml), sedangkan kerapatan terendah ditemukan pada isolat RD ($1,833 \times 10^8$ konidia/ml) (**Gambar 2**). Ketiga isolat ini menunjukkan kualitas yang sangat baik karena melebihi standar mutu Direktorat Perlindungan Tanaman (2014), yaitu $>10^6$ konidia/ml sebagai kriteria Agens Pengendali Hayati (APH) yang berkualitas. Perbandingan tersebut memperlihatkan bahwa isolat NL dan SC lebih unggul dibanding RD, dan perbedaan kerapatan konidia ini diduga dipengaruhi oleh asal inang maupun spesies jamur *Metarhizium* sp. Temuan ini sejalan dengan Baro *et al.* (2021) yang melaporkan variasi kerapatan konidia *Metarhizium* dari enam jenis serangga berbeda, dengan kisaran $7,69 \times 10^6$ hingga $5,69 \times 10^7$ konidia/ml, sehingga memperkuat bukti bahwa faktor inang dapat memengaruhi produksi konidia jamur tersebut.

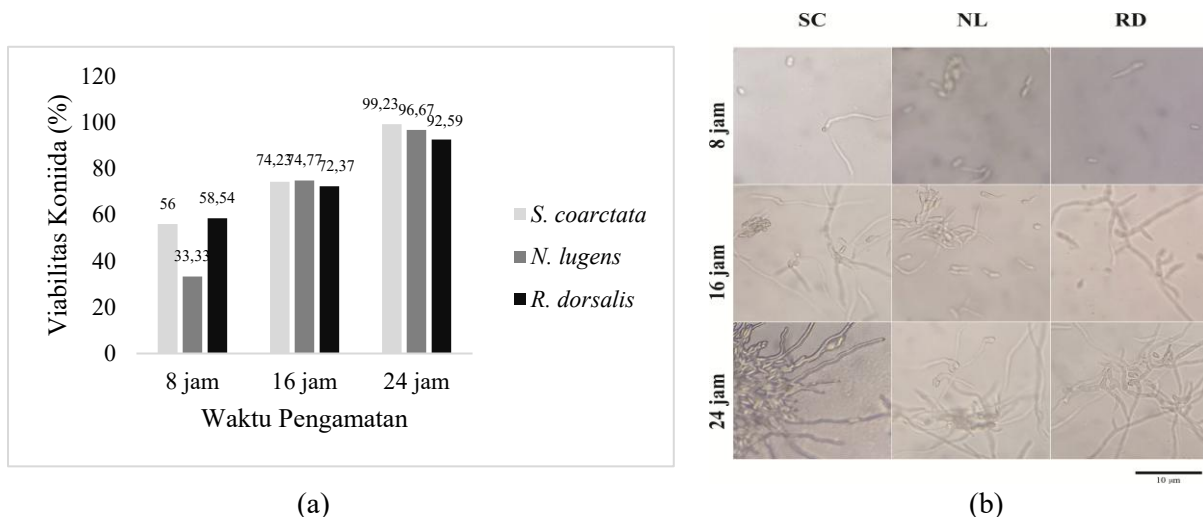


Gambar 2. (a) Kerapatan konidia hasil perbanyakan pada media beras dengan inang *S. coarctata* (SC), *N. lugens* (NL), dan *R. dorsalis* (RD). Kerapatan tertinggi diperoleh pada NL, diikuti SC, dan terendah pada RD. (b) Tampilan fisik kultur jamur pada media beras setelah masa inkubasi untuk masing-masing inang.

Kerapatan konidia yang diperoleh sejalan dengan temuan dalam penelitian yang dilakukan oleh Akhsan *et al.* (2021), yang menemukan bahwa 12 dari 18 isolat jamur *Metarhizium* memiliki kerapatan konidia sekitar 10^8 . Namun, terdapat perbedaan dengan hasil yang dilaporkan oleh Permadi *et al.* (2019), di mana ditemukan kerapatan konidia sekitar 10^5 hingga 10^6 konidia/ml pada 14 hari setelah isolasi. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk perbedaan asal isolat jamur dan ketersediaan nutrisi pada media perbanyakan, yang dikonfirmasi oleh Indriyanti *et al.* (2021) yang mengkaji kerapatan konidia jamur *M. anisopliae* yang ditumbuhkan pada empat media berbeda menunjukkan bahwa kerapatan konidia lebih tinggi pada media CWELSA dan CWSA, dan berbeda secara signifikan dengan media PDA dan ELSA. Hal ini menunjukkan bahwa nutrisi dan komposisi media pertumbuhan dapat mempengaruhi produksi konidia oleh jamur entomopatogen. Sebagaimana pernyataan Liu *et al.* (2018) dan Novianti (2017), media pertumbuhan jamur entomopatogen harus menyediakan nutrisi yang kompleks, seperti karbon, nitrogen, ion anorganik, dan vitamin, untuk mendukung pertumbuhan dan produksi konidia yang optimal.

Viabilitas Konidia Jamur *Metarhizium* sp

Perkecambahan awal konidia jamur *Metarhizium* dimulai dengan produksi enzim dehydrogenase setelah kebutuhan akan karbon dan nitrogen terpenuhi. Hal ini menyebabkan konidia membengkak dan membentuk apresorium (Aw dan Hue, 2017). Persentase viabilitas jamur pada 8 jam setelah inokulasi menunjukkan bahwa isolat RD memiliki perkecambahan tertinggi, mencapai 58,54%, diikuti oleh SC dengan 56%, dan persentase viabilitas terendah ditemukan pada isolat NL, yaitu 33,33% (**Gambar 3**). Peningkatan viabilitas yang signifikan terlihat pada isolat NL pada pengamatan 16 jam setelah inokulasi. Pada pengamatan 8 jam, persentase viabilitas isolat NL adalah 33,33%, tetapi meningkat menjadi 74,77% pada pengamatan 16 jam. Angka ini sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan isolat SC (74,23%) dan isolat RD (72%). Hasil ini menunjukkan bahwa masa adaptasi konidia isolat NL lebih lama dibandingkan dengan dua isolat lainnya pada media perbanyakan. Isolat NL memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai tingkat viabilitas yang tinggi, yang mungkin merupakan karakteristik adaptasinya terhadap lingkungan atau perbedaan dalam reaksi pertumbuhan awal dibandingkan dengan dua isolat lainnya.



Gambar 3. (a) Viabilitas konidia pada *S. coarctata*, *N. lugens*, dan *R. dorsalis* pada 8, 16, dan 24 jam pengamatan. Viabilitas meningkat seiring waktu dengan nilai tertinggi pada 24 jam. (b) Perkembangan germinasi konidia pada ketiga inang, menunjukkan peningkatan pembentukan germ tube dan hifa dari 8 hingga 24 jam. Skala bar = 10 µm.

Pengamatan 24 jam setelah inokulasi menunjukkan bahwa viabilitas ketiga isolat *Metarhizium* sp. telah mencapai lebih dari 90%, dengan nilai tertinggi pada isolat SC (99,23%), diikuti NL (96,67%) dan RD (92,59%). Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan viabilitas jamur *M. anisopliae* dalam kisaran 83–91% (Lapinangga *et al.*, 2022; Khairunnisa *et al.*, 2014). Meskipun isolat NL mengalami keterlambatan pada fase awal, pada 16 jam viabilitasnya telah menyamai isolat lain. Dinamika perkecambahan konidia ini dipengaruhi faktor media, ukuran konidia, suhu, cahaya, pH, hingga lama penyimpanan (Hussien *et al.*, 2021; Afifah *et al.*, 2020; Syamsulhadi *et al.*, 2023; Halim *et al.*, 2020). Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa *Metarhizium* sp. memiliki kualitas dan daya hidup tinggi, sehingga layak dikembangkan sebagai agens pengendali hayati yang efektif.

Penelitian mengenai karakteristik morfologi, kerapatan, dan viabilitas jamur *Metarhizium* sp. tidak hanya penting dalam entomologi, tetapi juga berkontribusi pada sains, teknologi, dan masyarakat dalam menghadapi perubahan iklim. Dari sisi sains, variasi morfologi dan viabilitas konidia mencerminkan adaptasi biologis terhadap kondisi iklim yang dinamis; dari sisi teknologi, temuan ini mendukung pengembangan biopestisida ramah lingkungan untuk mengurangi

ketergantungan pada pestisida kimia; dan dari sisi masyarakat, penerapan jamur ini menawarkan solusi pengendalian hama yang murah, aman, dan berkelanjutan guna menjaga ketahanan pangan serta keseimbangan ekosistem.

KESIMPULAN

Meskipun karakteristik morfologi makroskopis dan mikroskopis pada isolat NL dan RD mirip, terdapat perbedaan pada tepi dan warna koloni jika dibandingkan dengan isolat SC. Selain itu, bentuk konidia pada isolat SC berbeda dengan dua isolat lainnya. Perbedaan dalam karakteristik morfologi makroskopis, mikroskopis, kerapatan konidia, dan viabilitas antara ketiga isolat menunjukkan bahwa jenis inang atau inang asal tempat jamur *Metarhizium* diisolasi dapat memengaruhi karakteristik jamur tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, L., Desriana, R., Kurniati, A., Maryana, R. (2020) Viability of Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin in Some Alternative Media and Different Shelf-Life. *International Journal of Agriculture System*, 8(2):108-118.
- Akhsan, N., Sila, S., Sofian, Syaifudin, E.A. (2021) Eksplorasi Dan Karakterisasi Cendawan Entomopatogen Strain *Metarhizium* sp. Lokal Di Beberapa Kabupaten Di Kalimantan Timur. *Jurnal Agrifarm* 10(1): 22-28.
- Aw K.M.S., Hue, S.M. (2017) Mode of Infection of *Metarhizium* spp. Fungus and Their Potential as Biological Control Agents. *J Fungi*, 3(2):30.
- Barnett, H.L and Hunter, B.B. (1972). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi Fourth edition*. Burgess Publishing Company. Minneapolis. U.S.A.
- Baro, Y., Schuster, C., Gato, Y., Marquez, M. E., Leclercque, A. (2021) Characterization, identification, and virulence of *Metarhizium* species from Cuba to control the sweet potato weevil, *Cylas formicarius* Fabricius (Coleoptera: Brentidae). *J. Appl Microbiol.* 132:3705–
- Bruner-Mendoza, C., Reyes-Montes, M., Moonjely, S., Bidochka, M. J., Toriello, C. (2019) A review on the genus *Metarhizium* as an entomopathogenic microbial biocontrol agent with emphasis on its use and utility in Mexico. *Biocontrol Science and Technology*.
- Cito, A., Mazza, G., Strangi, A., Benvenuti, C., Barzanti, G. P., Dreassi, E., Turchetti, T., Francardi, V., Roversi, P. F. (2014) Characterization and comparison of *Metarhizium* strains isolated from *Rhynchophorus ferrugineus*. *FEMS Microbiology Letters*, 355(2), 108–115.
- Direktorat Perlindungan Tanaman. (2014) *Pedoman Uji Mutu Dan Uji Efikasi Lapangan Agens Pengendali Hayati (APH)*. Jakarta: Kemetrian Pertanian.
- Halim, N. A., Jalinis, J., Zakaria, A., Amit, S., Chik, Z., Ghani, I. A., Azmi, W. A. (2021) Effects of nutrient additives and incubation period on sporulation and viability of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae). *Malaysian Journal of Microbiology*. 17(1):97-102.
- Indriyanti, D. R., Bintari, S. H., Setiati, N., Alfiyan, J. M. Z. (2021) The Density and Viability of *Metarhizium anisopliae* Conidia on Several Growth Media. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 13(2), 237-242.
- Kepler, R. M., Humber, R. A., Bischoff, J. F., Rehner, S. A. (2014) Clarification of generic and species boundaries for *Metarhizium* and related fungi through multigene phylogenetics. *Mycologia*. 106:811–829.
- Khairunnisa, A. Martina, dan Titrawani. (2014). Uji Efektivitas Jamur *Metarhizium anisopliae* Cps.T.A Isolat Lokal Terhadap Hama Rayap (*Coptotermes curvignathus*) *Jurnal Online Mahasiswa MIPA*, 1(2):430-438.
- Laland, K. N., Uller, T., Feldman, M.W., Sterelny, K., Müller, Moczek, A., Odling-Smee, J. (2015) The extended evolutionary synthesis: its structure, assumptions, and predictions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1813)

- Lapinangga, N. J., Sonbai, J.H.H., Bunga, J.A. (2023) Pengaruh Jenis Formulasi Terhadap Kualitas Jamur Entomopatogen *Metarrhizium Anisopliae*. Seminar Nasional Politani Kupang Ke-5. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian*, 5(1).
- Liu, F., Xiang, M., Guo, Y., Wu, X., Lu, G., Yang, Y. (2018) Culture conditions and nutrition requirements for the mycelial growth of *Isaria farinosa* (Hypocreales: Cordycipitaceae) and the altitude effect on its growth and metabolome. *Sci Rep* 8: 15623.
- Novianti, D. (2017). Efektifitas Beberapa Media Untuk Perbanyakan Cendawan *Metarrhizium anisopliae*. *Sainmatika Jurnal* 14(2): 81 – 88.
- Permadi, M. A., Mukhlis, Samosir, B.S., Siregar, D.Y., Wayni, M. (2020). Physiology Characterization of Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarrhizium anisopliae* on Different Carbohydrate Sources. *Journal of Physics: Conference Series*, 1477: 072007.
- Priyatno, T. P., Samudra, I.M., Manzilla, I., Susilowati, D.N., Suryadi, Y. (2016) Eksplorasi dan Karakterisasi Entomopatogen Asal Berbagai Inang dan Lokasi. *Berita Biologi*, 15(1): 69-79.
- Putnoky-Csicsó B., Tóth F., Bálint J., Kentelky E., Benedek K., Forá G.C., Nyárádi I.I., Balog A. (2022): Entomopathogenic fungus *Metarrhizium anisopliae* (strain NCAIM 362) effects on soil inhabiting *Melolontha melolontha* (Coleoptera) and *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera) larvae in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Plant Protect. Sci.*, 58: 264–268.
- Rohrlich C, Merle I, Mze Hassani I, Verger M, Zuin M, Besse S, *et al.* (2018) Variation in physiological host range in three strains of two species of the entomopathogenic fungus *Beauveria*. *PLoS ONE* 13(7): e0199199.
- Rosmiati, A., Hidayat, C., Firmansyah, E., Setiati, Y. (2018) Potensi *Beauveria bassiana* sebagai Agens Hayati *Spodoptera litura* Fabr. pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Agrikultura* 29 (1): 43-47.
- Sari, W., Rosmeita C.N. (2020). Identifikasi Morfologi Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* dan *Metarrhizium anisopliae* asal Tanaman Padi Cianjur. *Jurnal Pro-Stek*, 2(1): 1-9.
- Siahaan, P., Tulung, M., Pelealu, J., Salaki, C. (2020). Diversity and Abundance Index of Entomopathogenic Fungi and Their Hosts in Rice Plantations Bolaang Mongondow Regency, Indonesia. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 20(3):555-562.
- Sudarjat, Hersanti, Nurazizah, R. (2023) Aplikasi Jamur Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* pada Berbagai Kerapatan Konidia dan Frekuensi Aplikasi terhadap Hama Kutu kebul (*Bemisia tabaci*) pada Tanaman Tomat. *Jurnal Agrikultura*, 34 (2): 274-283.
- Syamsulhadi, M., Ramadhan, V.T., Widjayanti, T. (2023) Pertumbuhan Jamur *Beauveria bassiana* pada Beberapa Tingkat Keasaman Media dan Suhu Penyimpanan Serta Efektivitasnya Terhadap Hama *Spodoptera litura*. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 11(1): 28–41.
- Wang, Y., Tang, D.X., Duan, D.E., Wang, Y.B., Yu. H. (2020) Morphology, molecular characterization, and virulence of *Beauveria pseudobassiana* isolatd from different hosts. *Journal of Invertebrate Pathology* (2020): 1-30.
- Webster, J., Weber, R. W. S. (2007). *Introduction to Fungi. third edition*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Rajamani, K., Chintagunta, L., Gunti, B. (2023) Climate Change Impact on Pests and Disease Intensityof Rice. *Theoretical Biology Forum*, 11(2): 80-83.
- Subedi, B., Poudel, A., Aryal, S. (2023). The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100733.