

**APLIKASI METABOLIT SEKUNDER JAMUR ENTOMOPATOGEN  
TERHADAP WERENG BATANG COKLAT (*Nilaparvata lugens* Stall.)  
IN PLANTA**

**APPLICATION OF SECONDARY METABOLITES FROM  
ENTOMOPATHOGENIC FUNGI FOR BROWN PLANTHOPPER  
(*Nilaparvata lugens* Stall.) IN PLANTA**

Fajar Mulyani<sup>1</sup>, Loekas Soesanto<sup>1</sup>, Murti Wisnu Ragil Sastyawan<sup>2</sup>, Mujiono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman  
Jalan Dr. Soeparno No. 63 Purwokerto Kabupaten Banyumas Jawa Tengah 53122

<sup>2</sup>Departemen Rekayasa Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Diponegoro  
Jalan Prof. Soedarto No. 13 Kota Semarang Jawa Tengah 50275

Korespondensi : [lukassusanto26@gmail.com](mailto:lukassusanto26@gmail.com)

**ABSTRAK**

Wereng batang coklat adalah hama utama padi yang belum dapat diatasi hingga kini dan tidak dapat dikendalikan dengan insektisida kimia bahkan dapat menimbulkan dampak negatif. Oleh karenanya, diperlukan pengendalian ramah lingkungan dan aman. Penelitian bertujuan untuk menentukan pengaruh aplikasi metabolit sekunder jamur entomopatogen terhadap wereng batang coklat pada padi varietas Ciliwung *in planta*. Penelitian dilaksanakan di *screen house* dan Laboratorium Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto selama 5 bulan. Rancangan Acak Kelompok non-faktorial dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan digunakan, dengan perlakuan adalah kontrol, metabolit sekunder *Beauveria bassiana* B10, *Beauveria bassiana* B16, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecani*, dan insektisida bahan aktif imidakloprid. Variabel yang diamati adalah mortalitas, waktu kematian, intensitas serangan, dan tinggi tanaman padi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi metabolit sekunder *B. bassiana* B16 paling efektif mengendalikan *N. lugens*, yang ditunjukkan oleh kematian wereng batang coklat paling cepat yaitu 6,57 hari setelah aplikasi, dengan mortalitas 52%, dan mampu menekan intensitas serangan *N. lugens* paling rendah yaitu 6,48%. Metabolit sekunder jamur entomopatogen tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman.

Kata kunci: Entomopatogen, Jamur, Metabolit Sekunder, Padi, Wereng Batang Coklat

**ABSTRACT**

Brown planthopper is a major pest of rice plants that still cannot be control by using chemical insecticides and even have a negative impact. Environmentally friendly and safe controls are required. This research aimed for determining the effect of entomopathogenic fungi secondary metabolites application towards brown planthopper on rice Ciliwung varieties in planta. This research was conducted in the screen house and the Plant Protection Laboratory, Faculty of Agriculture, Jenderal

Soedirman University, Purwokerto for five months. Completely randomized block design with six treatments and four replicates was used. The treatments were control, *Beauveria bassiana* B10, *Beauveria bassiana* B16, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii*, and insecticide (imidacloprid). Observed variables were mortality, death time, intensity of the attack, and plant height. Result of the reseach showed that the most effective secondary metabolites was derived from *B. bassiana* B16 indicated by 52,5% mortality, the fastest death time as 6,57 days after application, and the lowest intensity of brown planthopper attack by 6,48%. But, the secondary metabolites did not affect plant height.

Key words: Brown Planthopper, Entomopathogenic, Fungi, Rice, Secondary Metabolites

## PENDAHULUAN

Beras sebagai komoditas paling penting di Indonesia berperan sebagai makanan pokok utama penduduk Indonesia. Peningkatan konsumsi beras nasional dari tahun ke tahun akan terus bertambah seiring meningkatnya jumlah penduduk (Litiloly *et al.*, 2021). Poduksi padi mengalami penurunan dari tahun 2019 sampai 2021 atau terjadi penurunan sebesar 0,25 % atau setara dengan 266.085,9 ton (BPS, 2022). Penurunan produksi padi nasional tersebut salah satunya diakibatkan oleh serangan wereng batang coklat. Wereng batang coklat merupakan hama laten yang selalu ada setiap tahun, karena tanaman padi di lapangan selalu ada sebagai makanannya (Lamba & Dono, 2021). Ledakan wereng batang coklat tidak hanya terjadi pada padi sawah, tetapi juga pada padi gogo, sehingga di mana pun ada tanaman padi selalu ada risiko serangan hama wereng batang coklat (Baehaki & Mejaya, 2014).

Wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*) merupakan salah satu hama penting yang menjadi kendala peningkatan produksi padi (Lamba & Dono, 2021). Wereng batang coklat mengisap cairan sel tanaman padi,

sehingga tanaman menjadi kering (Baehaki *et al.*, 2011; Quais *et al.*, 2020). Kehilangan hasil yang disebabkan oleh wereng batang coklat bervariasi karena penggunaan insektisida yang berlebihan (Triwidodo, 2020).

Strategi pengendalian wereng batang coklat saat ini masih ditekankan pada penggunaan varietas tahan (Quais *et al.*, 2020) dan pengendalian secara kimiawi (Wu *et al.*, 2018). Metode tersebut ternyata tidak selalu efektif dalam menekan hama (Ghosh *et al.*, 2014), sehingga cara pengendalian yang lain perlu dikembangkan. Salah satu di antaranya, pengembangan musuh alami sebagai agensia hayati dalam penerapan konsep pengendalian hama terpadu (Ladja *et al.*, 2011; Nafiu *et al.*, 2014).

Penggunaan jamur entomopatogen, terutama metabolit sekundernya (Minarni *et al.*, 2020), sebagai agensia hayati pengendali hama lebih dipilih untuk menggantikan peran insektisida sintesis karena lebih ramah lingkungan (Pangestinarsih, 2011). Beberapa jenis jamur entomopatogen untuk mengendalikan wereng batang coklat adalah *Metarhizium anisopliae* (Peng *et al.*, 2020), *Beauveria bassiana* (Ladja *et al.*, 2011), dan *Lecanicillium lecanii* (Khoiroh *et al.*, 2014). Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian

aplikasi metabolit sekunder jamur entomopatogen (*B. bassiana* B10, *B. bassiana* B16, *M. anisopliae*, dan *L. lecanii*) terhadap wereng batang coklat pada tanaman padi varietas Ciliwung *in planta*.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh aplikasi metabolit sekunder *B. bassiana* B10, *B. bassiana* B16, *M. anisopliae*, dan *L. lecanii* terhadap wereng batang coklat *in planta*.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di rumah kaca dan Laboratorium Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, selama 5 bulan.

### Penyiapan Isolat Jamur Entomopatogen

Jamur *B. bassiana* B10, *B. bassiana* B16, *M. anisopliae*, dan *L. lecanii* (koleksi Laboratorium Perlindungan Tanaman) diperbanyak dengan cara re-isolasi ke dalam medium PDA secara aseptis dalam LAF, kemudian diinkubasi pada suhu 25°C selama 7 hari (Yang *et al.*, 2020).

### Pembuatan Metabolit Sekunder

Pembuatan metabolit sekunder *B. bassiana* B10, *B. bassiana* B16, *M. anisopliae*, dan *L. lecanii* dilakukan pada medium PDB steril. Sebanyak dua bor gabus biakan murni jamur entomopatogen diinokulasikan secara aseptis pada 100 mL medium PDB, selanjutnya digojok dengan *orbital shaker* (Daici) dengan kecepatan 150 rpm selama 7 hari pada suhu kamar (Minarni *et al.*, 2020). Biakan jamur dipisahkan antara miselium dan spora jamur dan supernatannya menggunakan centrifuge kecepatan 5.000×g (Hitachi

himac CR 7) selama 10 menit pada suhu 4°C (Wang *et al.*, 2015).

### Perbanyak Wereng Batang Coklat

Perbanyak wereng batang coklat dilakukan dengan melepaskan 10 nimfa pada tanaman padi. Tanaman padi varietas Ciliwung yang digunakan berumur 21 hari setelah semai dalam silinder plastik dengan diameter 5 cm dan tinggi 20 cm, ditutup dengan kain triko.

### Aplikasi Metabolit Sekunder

Aplikasi metabolit sekunder jamur entomopatogen hasil pengocokan, dengan kepadatan  $1 \times 10^6$  konidia L<sup>-1</sup>, dilakukan dengan menyemprotkan metabolit sekunder sesuai perlakuan ke permukaan tanah di sekitar perakaran, batang, dan tangkai daun sebanyak 5 mL sebanyak 3 kali dengan interval 7 hari sekali. Insektisida kimia disemprotkan dengan dosis sesuai anjuran.

### Rancangan Percobaan

Rancangan acak kelompok non-faktorial dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan diunakan dalam penelitian ini. Perlakuannya adalah kontrol, *Beauveria bassiana* B10, *Beauveria bassiana* B16, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii*, dan insektisida berbahan aktif imidakloprid.

### Variabel dan Pengukuran

Variabel yang diamati sebagai berikut:

#### 1. Mortalitas Wereng Batang Coklat

Persentase serangga uji yang mati dengan mengacu pada rumus sebagai berikut (Ardi *et al.*, 2017):

$$M = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan: M = Mortalitas, a = Jumlah serangga uji yang mati (ekor), dan b = Jumlah serangga uji yang diamati (ekor).

## 2. Waktu Kematian

Pengamatan terhadap waktu kematian dilakukan setiap 24 jam selama 10 hari dengan cara menghitung jumlah serangga yang mati. Kematian wereng batang coklat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Rustama *et al.*, 2008):

$$W = \frac{\sum(\frac{a}{n} \times b)}{\sum \frac{a}{n}}$$

Keterangan: W = Waktu kematian yang dicari, a = Jumlah wereng batang coklat yang mati pada hari infeksi, b = Hari pada saat wereng batang coklat mati, dan n = Jumlah wereng batang coklat yang mati pada tiap perlakuan.

## 3. Intensitas Serangan

Intensitas serangan dihitung dalam satuan persen (%) menggunakan rumus Pratiwi *et al.* (2013):

$$I = \frac{\sum(n \times v)}{N \times Z} \times 100\%$$

Keterangan: I = Intensitas serangan, v = Kategori serangan, n = Jumlah kategori, Z = Kategori terbesar, dan N = Jumlah semua sampel. Kategori serangan menurut Triwidodo (2020) yaitu 1 = tidak ada

kerusakan, 2 = kerusakan  $0 < X \leq 25\%$ , 3 = kerusakan  $25 < X \leq 50\%$ , 4 = kerusakan  $50 < X \leq 75\%$ , dan 5 = kerusakan  $75 < X \leq 100\%$ .

## 4. Tinggi Tanaman Padi

Tinggi tanaman diukur pada awal pindah tanam dan di akhir pada saat destruksi. Pengukuran dimulai dari pangkal batang yang berbatasan dengan tanah sampai ujung tanaman tertinggi.

### Analisis Data

Data dianalisis dengan uji F pada taraf kesalahan 5%. Apabila hasil analisis menunjukkan berbeda, maka dilanjutkan dengan DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf kesalahan yang sama.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Aplikasi Metabolit Sekunder Tiga Jamur Entomopatogen terhadap Mortalitas Wereng Batang Coklat

Pengaruh perlakuan metabolit sekunder jamur entomopatogen terhadap mortalitas wereng batang coklat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Aplikasi metabolit sekunder tiga jamur entomopatogen

Perlakuan	Mortalitas (%)	Waktu Kematian (hari)	Intensitas Serangan (%)
Kontrol	0 b	0 c	14,80 a
<i>B. bassiana</i> B10	50 a	6,58 a	8,33 ab
<i>B. bassiana</i> B16	52,5 a	6,57 a	6,48 b
<i>M. anisopliae</i>	50 a	6,69 a	9,25 ab
<i>L. lecanii</i>	47,5 a	6,81 a	11,10 ab
Imidakloprid	52,5 a	6,19 b	6,48 b

Keterangan: Angka diikuti huruf berbeda pada kolom sama menunjukkan berbeda nyata pada DMRT dengan taraf kesalahan 5%

Nilai mortalitas terendah pada kontrol yaitu tidak terdapat kematian karena tidak ada aplikasi apapun. Adapun metabolit sekunder *B. bassiana* B10 menimbulkan mortalitas yang setara dengan perlakuan metabolit sekunder *M. anisopliae* dan lebih tinggi dibandingkan metabolit sekunder *L. lecanii* dan lebih rendah dari metabolit sekunder *B. bassiana* B16. Perbedaan mortalitas perlakuan metabolit sekunder *B. bassiana* B10 dan B16 diduga disebabkan oleh perbedaan asal isolat, sehingga berpengaruh dalam kemampuannya menghasilkan senyawa di dalam metabolit sekunder.

Hal ini sesuai dengan pendapat Kamal *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa sumber isolat yang berbeda akan memberikan daya patogenisitas yang berbeda terhadap target yang sama. Tingkat patogenisitas antar-jamur entomopatogen kemungkinan disebabkan oleh perbedaan sifat dasar internal (genetika) dan perbedaan sumber inang asal isolat (Amatuzzi *et al.*, 2018; Poitevin *et al.*, 2018). Sementara itu, aplikasi metabolit sekunder tiga isolat jamur entomopatogen tidak berbeda nyata dengan insektisida berbahan aktif imidakloprid. Meskipun demikian, metabolit sekunder *B. bassiana* B16 mempunyai tingkat mortalitas yang sama dengan insektisida imidakloprid (Tabel 1). Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan metabolit sekunder jamur entomopatogen yang dicoba dapat sebagai alternatif pengendalian wereng batang coklat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Furuie *et al.* (2022) bahwa isolat jamur entomopatogen yang memiliki potensi patogen sebagai agensia biokontrol merupakan alternatif

yang menjanjikan untuk insektisida kimia.

### **Aplikasi Metabolit Sekunder Tiga Jamur Entomopatogen terhadap Waktu Kematian Wereng Batang Coklat**

Data aplikasi metabolit sekunder antar-tiga jamur entomopatogen terhadap intensitas serangan wereng batang coklat tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 1). Hasil ini selaras dengan hasil mortalitas wereng batang coklat.

Waktu kematian wereng batang coklat paling pendek dihasilkan pada perlakuan insektisida berbahan aktif imidakloprid, jika dibandingkan dengan perlakuan metabolit sekunder tiga jamur entomopatogen. Perbedaan waktu kematian antar-perlakuan metabolit sekunder jamur entomopatogen dengan insektisida berbahan aktif imidakloprid diduga bahwa metabolit sekunder bersifat sistemik yaitu masuk terlebih dahulu ke dalam jaringan tanaman, sedangkan insektisida berbahan aktif imidakloprid merupakan racun kontak yang membutuhkan waktu hanya beberapa jam untuk mematikan serangga target (Bezerra-Silva *et al.*, 2012).

Hal tersebut sesuai dengan pendapat Ladja *et al.* (2011) dan Boguś *et al.* (2017), bahwa prinsip kerja metabolit sekunder jamur entomopatogen tidak secepat insektisida sintetis. Insektisida sintetis langsung mematikan serangga targetnya. Jamur entomopatogen menghasilkan beberapa jenis toksin, yang akan menyebabkan terjadinya kenaikan pH hemolimfa, penggumpalan hemolimfa, dan terhentinya peredaran hemolimfa (Baral, 2017).

### **Aplikasi Metabolit Sekunder Tiga Jamur Entomopatogen terhadap Intensitas Serangan Wereng Batang Coklat**

Data aplikasi metabolit sekunder tiga jamur entomopatogen terhadap intensitas serangan wereng batang coklat berpengaruh nyata dibandingkan kontrol (Tabel 1). Berpengaruhnya perlakuan metabolit sekunder terhadap serangan wereng batang coklat diduga karena kandungan yang ada di dalam metabolit sekunder jamur entomopatogen yang mampu meningkatkan ketahanan pada tanaman (Keller, 2019). Selain itu, metabolit sekunder jamur entomopatogen juga mengandung toksin dan enzim pelisis dinding sel (Wang *et al.*, 2021).

Hal ini sesuai pendapat Molnár *et al.* (2010) dan Pusztahelyi *et al.* (2015), bahwa metabolit sekunder jamur entomopatogen mengandung beberapa zat pengatur tumbuh yang sama dengan yang diproduksi oleh tumbuhan, sehingga mampu merangsang ketahanan tanaman. Selanjutnya, Hasnah *et al.* (2012) menjelaskan bahwa metabolit sekunder mengandung beberapa racun, salah satunya yaitu asam oksalat, yang mampu meningkatkan ketahanan tanaman. Selain itu, senyawa racun lain di dalam metabolite sekunder *B. bassiana* seperti beauvericin, bassianin, bassianolide, beauverolides, tenellin, dan oosporein (Wang *et al.*, 2021). Perlakuan metabolit sekunder *B. bassiana* B16 setara dengan perlakuan insektisida dalam menekan intensitas serangan *N. lugens*, yaitu sebesar 6,48 %. Kesetaraan ini diduga disebabkan oleh faktor genetika jamur entomopatogen. Setiap isolat jamur yang sama menghasilkan senyawa yang berbeda di dalam metabolit sekunder

(Pedrini, 2022). Hal ini dapat menjadi dasar bahwa penggunaan metabolit sekunder *B. bassiana* B16 pada penelitian ini mampu menggantikan pestisida.

### **Aplikasi Metabolit Sekunder Tiga Jamur Entomopatogen terhadap Tinggi Tanaman Padi**

Data aplikasi metabolit sekunder tiga jamur entomopatogen terhadap tinggi tanaman padi menunjukkan tidak berbeda nyata terhadap kontrol (Tabel 2).

Tabel 2. Tinggi tanaman padi pada aplikasi metabolit sekunder tiga jamur entomopatogen

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)
Kontrol	38,6 a
<i>B. bassiana</i> B10	40,55 a
<i>B. bassiana</i> B16	28,5 a
<i>M. anisopliae</i>	33,38 a
<i>L. lecanii</i>	42,38 a
Imidakloprid	32,28 a

Keterangan: Angka dengan diikuti huruf berbeda pada kolom sama menunjukkan berbeda nyata pada DMRT dengan taraf kesalahan 5%.

Meskipun tidak menunjukkan beda nyata, tetapi jika dilihat pada Tabel 2, tinggi tanaman tertinggi yaitu pada perlakuan metabolit sekunder *L. lecanii*. Secara umum perlakuan metabolit sekunder tidak mampu meningkatkan tinggi tanaman padi. Hal tersebut diduga bahwa senyawa yang ada dalam metabolit sekunder jamur entomopatogen tidak berpotensi dalam meningkatkan tinggi tanaman, sesuai dengan pernyataan Keswani *et al.* (2013). Kandungan metabolit sekunder jamur entomopatogen tersebut tidak sesuai dengan kandungan metabolit sekunder jamur pengendali hayati umumnya,

sesuai pendapat Saberi-Riseh *et al.* (2021), bahwa kandungan senyawa di dalam metabolit sekunder agensia pengendali hayati tidak hanya toksin atau antibiotika atau enzim yang berperan di dalam pengendalian OPT, tetapi juga hormon yang berperan dalam pertumbuhan dan produksi tanaman.

### SIMPULAN

1. Metabolit sekunder jamur entomopatogen *B. bassiana* B10, *B. bassiana* B16, dan *M. anisopliae* mampu menimbulkan mortalitas *N. lugens* sebesar  $\geq 50\%$ . Waktu kematian tercepat pada perlakuan metabolit sekunder *B. bassiana* B16 yaitu 6,57 hari. Metabolit sekunder *B. bassiana* B16 dapat menurunkan intensitas serangan *N. lugens* paling rendah yaitu sebesar 6,48%.
2. Pemberian metabolit sekunder tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman padi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Amatuzzi, R.F., Poitevin, C.G., Poltronieri, A.S., Zawadneak, M.A.C., & Pimentel, I.C. (2018). Susceptibility of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) to soil-borne entomopathogenic fungi. *Insects* 9: 70. Doi: 10.3390/insects9020070.
- Baehaki, Arifin, K., & Munawar, D. (2011). Peran varietas tahan dalam menurunkan populasi wereng coklat biotipe 4 pada tanaman padi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 30(3):145-153.
- Baehaki & Mejaya, I.M.J. (2014). Wereng coklat sebagai hama global bernilai ekonomi tinggi dan strategi pengendaliannya. *Iptek Tanaman Pangan*. 9(1):1-12.
- Badan Pusat Statistika (BPS). (2022). Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Padi Menurut Provinsi 2019-2021. (On-line). <https://www.bps.go.id/indicator/53/1/498/1/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-padi-menurut-provinsi.html> [10 April 2022].
- Baral, B. (2017). Entomopathogenicity and biological attributes of Himalayan treasured fungus *Ophiocordyceps sinensis* (Yarsagumba). *J Fungi* (Basel) 3(1): 4. Doi: 10.3390/jof3010004.
- Bezerra-Silva, G.C.D., Silva, M.A., De Miranda, M.P., & Lopes, J.R.S. (2012). Effect of contact and systemic insecticides on the sharpshooter *Bucephalagonia xanthophis* (Hemiptera: Cicadellidae), a vector of *Xylella fastidiosa* in citrus. *Florida Entomologist* 95(4): 854-861. Doi: 10.1653/024.095.0406.
- Bogus, M.I., Wieloch, W., & Ligęza-Zuber, M. (2017). Coronatin-2 from the entomopathogenic fungus *Conidiobolus coronatus* kills *Galleria mellonella* larvae and incapacitates hemocytes. *Bulletin of Entomological Research* 107(1): 66-76. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485316000638>.
- Furuie, J.L., da Costa Stuart, A.K., Voidaleski, M.F., Zawadneak, M.A.C., & Pimentel, I.C. (2022). Isolation of *Beauveria* strains and their potential as control agents for *Lema bilineata* Germar (Coleoptera:

- Chrysomelidae). *Insects* 13(1): 93. Doi: 10.3390/insects13010093.
- Ghosh, A., Samanta, A., & Chatterjee, M.L. (2014). Dinotefuran: A third generation neonicotinoid insecticide for management of rice brown planthopper. *African Journal of Agricultural Research* 9(8): 750-754. DOI: 10.5897/AJAR2013.7054.
- Hasnah, Susanna, & Husin. (2012). Keefektifan cendawan *Beauveria bassiana* Vuill terhadap mortalitas kepik hijau *Nezara viridula* L. pada stadia nimfa dan imago. *Jurnal Floratek*. 7(5): 13-24.
- Kamal, M., Kalsum, U., & Nurnawati, E. (2005). Virulensi jamur *Beauveria bassiana* Indigenus terhadap *Spodoptera exigua* Hub. *Jurnal Penelitian Sains*. (17):76-84.
- Keller, N.P. (2019). Fungal secondary metabolism: Regulation, function and drug discovery. *Nat Rev Microbiol*. 17(3): 167–180. Doi: 10.1038/s41579-018-0121-1.
- Keswani, C., Singh, S.P., & Singh, H.B. (2013). *Beauveria bassiana*: Status, mode of action, applications and safety issues. *Biotech Today An International Journal of Biological Sciences* 3(1): 16. DOI: 10.5958/j.2322-0996.3.1.002.
- Khoiroh, F., Isnawati, & Faizah, U. (2014). Patogenitas cendawan entomopatogen (*Lecanicillium lecanii*) sebagai bioinsektisida untuk pengendalian hama wereng coklat secara in vivo. *LenteraBio* 3(2): 115-121.
- Ladja F.T., Santoso, T., & Nurhayati, E. (2011). Potensi cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* dan *Beauveria bassiana* dalam mengendalikan wereng hijau dan menekan intensitas penyakit tungro. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 30(2):114-120.
- Lamba, K. & Dono, D. (2021). A review on brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål), a major pest of rice in Asia and Pacific. *Asian Journal of Research in Crop Science* 6(4): 7-19. DOI: 10.9734/AJRCS/2021/v6i430122.
- Litiloly, M., Girsang, W., & Kakisina, L.O. (2021). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pendapatan petani peserta program upsus padi sawah (Studi kasus di Desa Waekasar Kecamatan Waeapo Kabupaten Buru). *AGRILAN : Jurnal Agribisnis Kepulauan* 9(2): 125-141.
- Minarni, E.W., Soesanto, L., Suyanto, A., & Rostaman. (2020). Effectiveness of secondary metabolites from entomopathogenic fungi for control *Nilaparvata lugens* Stål. in the laboratory scale. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 25(1): 86–97. DOI: 10.22146/jpti.62116.
- Molnár, I., Gibson, D.M., & Krasnoff, S.B. (2010). Secondary metabolites from entomopathogenic Hypocrealean fungi. *Natural Product Reports* 27(9): 1241-1275. DOI: 10.1039/c001459c.
- Nafiu, B.S., Dong, H., & Cong, B. (2014). Principles of biological control in integrated pest management. *International Journal of Applied Research and Technology* 3(11): 104 – 116.
- Pangestiningih, Y. (2011). Uji efektifitas beberapa jamur entomopatogen dan insektisida botani terhadap *Spodoptera exigua*



- Hubn. pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Ilmu Pertanian KULTIVAR* 5(2):90-100.
- Pedrini, N. (2022). The entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* shows its toxic side within insects: expression of genes encoding secondary metabolites during pathogenesis. *J. Fungi* 8: 488. Doi: 10.3390/jof8050488.
- Peng, Y., Tang, J., & Xie, J. (2020). Transcriptomic analysis of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, at different stages after *Metarhizium anisopliae* challenge. *Insects* 11(2): 139. Doi: 10.3390/insects11020139.
- Poitevin, C.G., Porsani, M.V., Poltronieri, A.S., Zawadneak, M.A.C., & Pimentel, I.C. (2018). Fungi isolated from insects in strawberry crops act as potential biological control agents of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). *Appl. Entomol. Zool.* 53:323–331. Doi: 10.1007/s13355-018-0561-0.
- Pratiwi, S.F, Wanta, N., Rante, C., & Manengkey, G. (2013). Populasi dan intensitas serangan hama putih (*Nymphula depunctalis* Guene) pada tanaman padi sawah di Kecamatan Domuga Timur Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal HPT.* 3(4): 32-40.
- Pusztahelyi, T., Holb, I.J., & Pócsi, I. (2015). Secondary metabolites in fungus-plant interactions. *Front Plant Sci.* 6: 573. Doi: 10.3389/fpls.2015.00573.
- Quais, M.K, Munawar, A., Ansari, N.A., Zhou, W.-W., & Zhu, Z.-R. (2020). Interactions between brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) and salinity stressed rice (*Oryza sativa*) plant are cultivar-specific. *Sci Rep* 10: 8051. Doi:10.1038/s41598-020-64925-1.
- Saberi-Riseh, R., Moradi-Pour, M., Mohammadinejad, R., & Thakur, V.K. (2021). Biopolymers for biological control of plant pathogens: Advances in microencapsulation of beneficial microorganisms. *Polymers* (Basel) 13(12): 1938. Doi: 10.3390/polym13121938.
- Triwidodo, H. (2020). Brown planthoppers infestations and insecticides use pattern in Java, Indonesia. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science* 42(2): 320-330. Doi: 10.17503/agrivita.v0i0.2501.
- Wang, Q., Duan, B., Yang, R., Zhao, Y., & Zhang, L. (2015). Screening and identification of chitinolytic Actinomycetes and study on the inhibitory activity against turfgrass root rot disease fungi. *Journal of Biosciences and Medicines* 3: 56-65. Doi: 10.4236/jbm.2015.33009.
- Wang, H., Peng, H., Li, W., Cheng, P., & Gong, M. (2021). The toxins of *Beauveria bassiana* and the strategies to improve their virulence to insects. *Frontiers in Microbiology* 12. DOI: 10.3389/fmicb.2021.705343
- Wu, S.-F., Zeng, B., Zheng, C., Mu, X.-C., Zhang, Y., Hu, J., Zhang, S., Gao, C.-F., & Shen, J.-L. (2018). The evolution of insecticide resistance in the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) of China in the period 2012–2016. *Sci Rep* 8: 4586. Doi: 10.1038/s41598-018-22906-5.

Yang, B., Du, C., Ali, S., & Wu, J. (2020). Molecular characterization and virulence of fungal isolates against the bean flower thrips, *Megalurothrips usitatus* Bagnall (Thysanoptera: Thripidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 30: 50. Doi: 10.1186/s41938-020-00225-0.