

## Efficacy of *Beauveria bassiana* as a Biological Control Agent Against the Brown Planthopper *Nilaparvata lugens* in Rice Cultivation

Muslimin Sepe<sup>1\*</sup>, Helda Orbani Rosa<sup>1</sup>, Suhardi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Jl. Jend. Ahmad Yani Km. 36., Kec. Banjarbaru Selatan, Kota Banjar Baru, Kalimantan Selatan 70714;

<sup>2</sup>Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Palangkaraya, alamat instansi, Palangka, Kec. Jekan Raya, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah 74874;

### Article History

Received : June 19<sup>th</sup>, 2025

Revised : June 26<sup>th</sup>, 2025

Accepted : July 02<sup>th</sup>, 2025

\*Corresponding Author:

**Muslimin Sepe**, Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Jl. Jend. Ahmad Yani Km. 36., Kec. Banjarbaru Selatan, Kota Banjar Baru, Kalimantan Selatan 70714; Email: [muslimins@ulm.ac.id](mailto:muslimins@ulm.ac.id)

**Abstract:** The brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) is a major pest in rice cultivation. Its population can be effectively managed through biological control using the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. This study aimed to evaluate the effectiveness of the entomopathogenic fungus *B. bassiana* in controlling *N. lugens* under greenhouse conditions. Applications of *B. bassiana* at various concentrations revealed that 10<sup>8</sup> conidia/mL treatment was the most effective, achieving up to 90% mortality within 7 days post-application. This treatment also recorded the lowest LT<sub>50</sub> value of 6.736 days and the highest regression value of 0.52, indicating a rapid and effective reduction in pest population. The mortality rate exhibited an increasing trend up to day five, followed by a decline as target population diminished, with cumulative mortality reaching 90% by day seven. These findings demonstrate that a concentration of 10<sup>8</sup> conidia/mL is the most optimal for biological control of *N. lugens* using *B. bassiana*, both in terms of mortality rate and speed of action. The results support the potential of *B. bassiana* as a promising biological control agent in sustainable pest management strategies for agricultural systems.

**Keywords:** *Beauveria bassiana*, biological control, mortality, LT<sub>50</sub>, greenhouse, *Nilaparvata lugens*.

### Pendahuluan

Padi merupakan komoditas strategis secara ekonomi karena menjadi makanan pokok bagi jutaan penduduk Indonesia (Aprillya *et al.*,; Barchia *et al.*, 2021). Produksi padi di Indonesia belum mencukupi kebutuhan penduduk (Mustikarini & Santi, 2020) sehingga Indonesia sejak tahun 2000 melakukan impor beras dan impor tertinggi terjadi pada tahun 2018 sebesar 2,14 juta ton (Barchia *et al.*, 2021). Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan peningkatan produktivitas padi terutama untuk lahan gambut. Peningkatan produktivitas lahan gambut menjadi pilihan untuk memastikan ketahanan pangan Indonesia (Surahman *et al.*, 2018). Lahan gambut di Indonesia mencakup

sekitar 16 hingga 27 juta hektare (Jaya *et al.*, 2010) atau sekitar 20,073 juta hektare (Rieley *et al.*, 2008).

Tanah gambut tergolong sebagai tanah marginal untuk kegiatan pertanian karena kandungan unsur hara dan kesuburan tanahnya yang rendah (Ompusunggu *et al.*, 2020). Selain faktor pembatas seperti tingkat keasaman, kejenuhan basa yang rendah, toksisitas asam organik, serta kekurangan unsur hara (Septiyana *et al.*, 2017), baik makro maupun mikro (Maftu'ah & Nursyamsi, 2019). Permasalahan organisme pengganggu tanaman juga sangat berperan penting dalam penentuan keberhasilan produktivitas pertanian di lahan gambut. Salah satu organisme pengganggu tanaman padi di lahan gambut adalah serangan hama wereng batang coklat (*N. lugens* Stål)

(Hemiptera: Delphacidae).

Wereng batang coklat diketahui menjadi hama endemis di 14 provinsi di Indonesia, Selain sebagai hama langsung, WBC juga berfungsi sebagai vektor virus kerdil hampa pada padi (Triwidodo *et al.*, 2023). Ledakan hama WBC terjadi pada tahun 1998 seluas 115.484 ha dengan puso sebesar 8.874 ha. Pada tahun 2010, pertanaman padi di jalur Pantura seluas 128.738 ha terserang WBC dan dari luas tersebut 4.602 ha mengalami puso (Sofyan *et al.*, 2019). Penelitian terkait pengendalian hama WBC telah mencakup beberapa topik, termasuk varietas tahan (Iswanto *et al.*, 2015), musuh alami (Sianipar *et al.*, 2017), agen biokontrol (Kuswoyo, 2022), dan lainnya. Namun, studi yang mendetail dan spesifik terkait penggunaan cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk menekan populasi hama WBC masih sangat terbatas.

Cendawan *B. bassiana* merupakan patogen serangga yang dapat digunakan sebagai bioinsektisida (Muslimin, 2021). Efektifitas penggunaan *B. bassiana* dalam mengendalikan hama dipengaruhi oleh toksin yang dihasilkan seperti beauverisin, bassianin, bassiakridin, beauverisin, bassianolid, siklosporin, oosporein, dan tenelin yang dapat mengganggu sistem saraf dan mematikan hama tanaman (Sepe *et al.*, 2021; Wahjono *et al.*, 2024). Penggunaan *B. bassiana* dalam mengendalikan hama tanaman telah banyak dilakukan seperti Hama *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) (Sepe *et al.*, 2020), *Helopeltis* spp (Hemiptera: Miridae) (Gargita *et al.*, 2017), *Nezara viridula* Linn.(Hemiptera: Pentatomidae) (Permadi *et al.*, 2018), *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) (Khasanah, 2008), *Oecophylla smaragdina* (F.) (Hymenoptera: Formicidae) (Sodiq & Martiningsia, 2009), dan lainnya. Penggunaan cendawan *B. bassiana* dalam pengendalian hama *N. lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) masih sangat jarang dilakukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terkait penggunaan *B. bassiana* sebagai alternatif pengendalian hama *N. lugens* pada pertanaman padi di lahan gambut.

## Bahan dan Metode

### Waktu dan Tempat penelitian

Percobaan penelitian dilaksanakan di lahan pertanaman padi di Desa Lok Gabang, Kecamatan Astambul, Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Identifikasi hama dan musuh alaminya dilaksanakan di Laboratorium Entomologi dan identifikasi cendawan entomopatogen dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat. pada bulan April sampai dengan September 2023.

## Prosedur

Uji *B. bassiana* di Green House

Percobaan di laboratorium menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan dua faktor yaitu konsentrasi *B. bassiana* (konsentrasi 0, 10<sup>4</sup>, 10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup>, dan 10<sup>8</sup> spora/ml) serta stadia ke-3 wereng batang coklat. Penelitian terdiri atas 5 kombinasi perlakuan, masing-masing kombinasi diulang 4 kali. Spora *B. bassiana* dalam air dengan konsentrasi sesuai dengan perlakuan disemprotkan pada stadia nimfa ke-3 *N. lugens* yang berada dalam cawan petri dengan menggunakan alat hand sprayer.

Masing-masing perlakuan diisi 25 ekor *N. lugens*. Pengamatan dilakukan mulai dari hari pertama sampai dengan hari ke tujuh setelah aplikasi. Gejala kematian yang disebabkan *B. bassiana* ditandai dengan adanya konidia dan hifa berwarna putih pada permukaan tubuh serangga yang mati.

$$M = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (1)$$

M = mortalitas semut rangrang

A = jumlah semut yang berjamur dan mati

B = jumlah populasi semut yang diperlakukan

## Analisis data

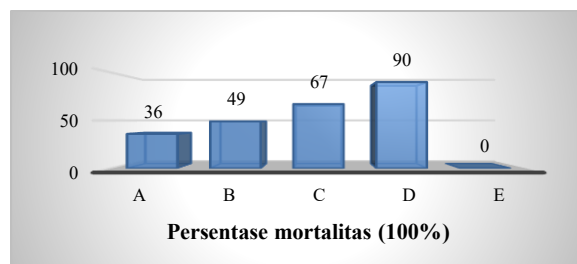
Analisis ragam digunakan untuk mengetahui efektifitas konidia, sedangkan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan menggunakan Uji Beda Jarak Berganda Duncan. Lethal Concetracion (LT<sub>50</sub>) ditentukan dengan analisis probit.

## Hasil dan Pembahasan

### Persentase Mortalitas Wereng Batang Cokelat (%)

Aplikasi cendawan entomopatogen *B.*

*bassiana* menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam menekan populasi hama *N. lugens* (Gambar 1). Persentase mortalitas *N. lugens* akibat infeksi *B. bassiana* pada tiap-tiap perlakuan tingkat pengenceran memperlihatkan mortalitas yang berbeda-beda pada skala pengamatan rumah kaca.



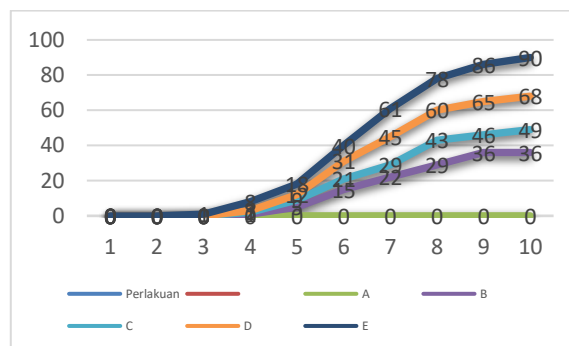
**Gambar 1.** Persentase mortalitas wereng batang cokelat (%) skala green house.

Hasil pengamatan pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa dengan perlakuan  $10^8$  memperlihatkan tingkat mortalitas yang lebih tinggi sekitar 90% jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan  $10^4$  dan  $10^6$  masing masing memiliki persentasi mortalitas di bawah 50% yaitu  $10^4$  yaitu 36% dan  $10^6$  yaitu 49%. Hasil secara statistik menunjukkan bahwa perlakuan  $10^8$  menunjukkan perbedaan nyata dengan perlakuan lainnya. hal ini menunjukkan bahwa dengan perlakuan  $10^8$  dapat menekan populasi hama *N. lugens* skala rumah kaca dengan sangat baik

### Laju mortalitas per hari

Aplikasi cendawan entomopatogen *B. bassiana* pada nimfa *N. lugens* menunjukkan laju mortalitas yang meningkat secara bertahap selama 10 hari pengamatan. Tidak ditemukan kematian pada hari pertama, namun mulai hari kedua mortalitas mulai terjadi dan terus meningkat hingga mencapai 90% pada hari ke-10. Laju mortalitas *N. lugens* akibat aplikasi cendawan entomopatogen *B. bassiana* menunjukkan peningkatan seiring waktu. Pada hari pertama dan kedua setelah aplikasi (HSA), tidak ditemukan kematian. Mortalitas mulai terjadi pada hari ke-3 dengan laju sebesar 1 %, kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai puncaknya pada hari , yaitu sebesar 26,67%. Setelah itu, terjadi penurunan mortalitas harian hingga akhirnya seluruh populasi wereng mengalami kematian pada hari ke-7. Total

mortalitas kumulatif mencapai 90%.



**Gambar 2.** Laju kematian *N. lugens* setelah 10 hari pengamatan (%).

Berdasarkan grafik yang disajikan, terlihat adanya perbandingan antara beberapa perlakuan terhadap suatu variabel terukur, yang diamati dalam rentang waktu atau titik pengamatan tertentu. Secara umum, seluruh perlakuan menunjukkan tren peningkatan nilai mulai dari hari ke-3 hingga mencapai puncaknya pada hari ke-6, dengan perlakuan berwarna oranye menunjukkan nilai tertinggi sebesar 4,4. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan tersebut memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap variabel yang diamati.

Setelah mencapai puncak, seluruh perlakuan mengalami penurunan secara bertahap hingga titik ke-10. Perlakuan A menunjukkan nilai yang paling rendah dibandingkan perlakuan lainnya, dengan nilai maksimum hanya sekitar 2,0. Temuan ini menunjukkan bahwa perlakuan A memiliki efektivitas yang relatif rendah dalam memengaruhi variabel yang diamati dibandingkan perlakuan lainnya. Meskipun demikian, perlu dicatat bahwa sumbu X dan Y pada grafik belum diberi judul yang menjelaskan satuan atau jenis variabel yang diukur, sehingga interpretasi ini masih bersifat umum dan memerlukan informasi tambahan mengenai konteks percobaan atau penelitian yang dilakukan.

### Lethal Time dan Lethal Konsentrasi

Perlakuan  $10^4$  menunjukkan nilai  $LT_{50}$  sebesar 10,315 hari dengan persamaan regresi  $Y = -3,25 + 0,32x$ . Nilai  $LT_{50}$  yang relatif tinggi ini mengindikasikan bahwa perlakuan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mematikan 50% populasi target. Koefisien regresi sebesar 0,32 menunjukkan bahwa setiap

penambahan satu satuan waktu hanya meningkatkan tingkat kematian sebesar 0,32, yang mencerminkan efektivitas yang masih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan  $10^6$  memiliki nilai  $LT_{50}$  sebesar 9,207 hari dengan persamaan regresi  $Y = -3,02 + 0,33x$ . Dibandingkan dengan perlakuan  $10^4$ ,  $LT_{50}$  lebih rendah dan slope sedikit lebih besar, menandakan bahwa perlakuan ini lebih cepat dan sedikit lebih efektif dalam menimbulkan kematian pada populasi target.

**Tabel 1.** Lethal time 50 dan persamaan regresi kejadian kematian wereng batang cokelat setelah aplikasi

| Perlakuan | $LT_{50}$<br>(Hari) | Persamaan Regresi   |
|-----------|---------------------|---------------------|
| $10^4$    | 10,315              | $Y = -3,25 + 0,32x$ |
| $10^6$    | 9,207               | $Y = -3,02 + 0,33x$ |
| $10^7$    | 7,967               | $Y = -3,11 + 0,39x$ |
| $10^8$    | 6,736               | $Y = -3,53 + 0,52x$ |

Perlakuan  $10^7$  menunjukkan peningkatan efektivitas dengan  $LT_{50}$  sebesar 7,967 hari dan persamaan regresi  $Y = -3,11 + 0,39x$ . Penurunan  $LT_{50}$  yang cukup signifikan dibanding perlakuan sebelumnya mengindikasikan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk membunuh 50% populasi semakin singkat. Selain itu, slope sebesar 0,39 menunjukkan bahwa kecepatan peningkatan kematian per satuan waktu juga semakin besar. Perlakuan  $10^8$  merupakan perlakuan paling efektif dengan nilai  $LT_{50}$  terendah, yaitu 6,736 hari, dan persamaan regresi  $Y = -3,53 + 0,52x$ . Nilai regresi yang paling tinggi yaitu 0,52 menunjukkan bahwa respon kematian meningkat secara lebih cepat seiring waktu. Hal ini memperkuat bahwa perlakuan ini bekerja paling efisien dalam menurunkan populasi target dalam waktu yang singkat.

## Pembahasan

### Persentase Mortalitas Wereng Batang Cokelat (%)

Mortalitas *N. lugens* yang disebabkan infeksi *B. bassiana* pada perlakuan  $10^8$  memperlihatkan tingkat mortalitas yang lebih tinggi sekitar 90%. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Hasyim *et al.*, (2020) yang melaporkan bahwa mortalitas *N. lugens* oleh infeksi *B. bassiana* pada tingkat

pengenceran  $10^8$  mencapai angka kematian yaitu 87 %, atau lebih tinggi jika dibandingkan penelitian yang dilakukan oleh Fitriani *et al.*, (2018) pada pengenceran  $10^9$  yang berkisar pada 75-85%. Perlakuan  $10^4$  dan  $10^6$  masing masing memiliki persentase mortalitas di bawah 50%. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Sari *et al.*, (2015) pada penelitian Persentase Mortalitas Wereng Batang Cokelat oleh *B. bassiana* yaitu pada perlakuan  $10^6$  dengan mortalitas hanya berkisar 40-50%.

### Laju mortalitas per hari

Mortalitas *N. lugens* mulai terjadi pada pengamatan ke-3 (3 hari setelah aplikasi) akibat infeksi *B. bassiana*. Hasil penelitian Sepe *et al.*, (2021) mengungkapkan bahwa *B. bassiana* dapat menyebabkan kematian hama *T.castenium* sejak 24 jam setelah aplikasi Cendawan *B. bassiana* telah menginfeksi larva ulat grayak *S. frugiperda* sejak hari kedua setelah aplikasi hingga hari ke sepuluh setelah aplikasi (Harun *et al.*, 2022).

Mortalitas *N. lugens* sampai hari ke 6 masih tergolong rendah untuk semua perlakuan yaitu semua mortalitas berkisar 15 sampai 40%. Laju mortalitas pada penelitian ini lebih lambat jika dibandingkan dengan penelitian dari Ihsan *et al.*, (2023) mortalitas hari ke 6 sampai 7 setelah aplikasi, mortalitas pada setiap konsentrasi kerapatan konidia terus mengalami peningkatan sebesar 57,50, 70,00, 85,00, dan 95,00%.

Pengamatan padi hari ke-7 hsa perlakuan  $10^8$  memperlihatkan tingkat mortalitas sebesar 61% dan jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini juga terjadi pada penelitian Irwan, (2016) bahwa jumlah wereng yang mati pada konsentrasi  $10^8$  lebih rendah dari konsentrasi  $10^7$  setelah 15 jam pengamatan, namun pada pengamatan 18 jam setelah aplikasi  $10^8$  lebih cepat mematikan wereng (Ihsan *et al.*, 2023).

### Lethal Time dan Lethal Konsentrasi

Lethal time 50 memperlihatkan bahwa perlakuan *B. bassiana* pada pengenceran  $10^8$  dapat mematikan *N. lugens* sebanyak 50% pada hari ke 6,736 (7 hari). Waktu yang diperlukan dalam mematikan *N. lugens* lebih lama jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Anshori (2017) yang melaporkan bahwa hasil analisis probit terhadap nilai  $LT_{50}$  *B.*

*bassiana* pada kepadatan  $10^9$  konidia/mL adalah 4,67 hari.

Perlakuan pengenceran  $10^6$  dan  $10^7$  masing-masing memiliki  $LT_{50}$  yaitu 9, 207 (9 hari) dan 7, 967 (8 hari). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilaporkan oleh Sepe et al., 2020 Nilai  $LT_{50}$  dari *B. bassiana* yang diperoleh dari tiga jenis media pada kepadatan  $10^6$  konidia/mL menunjukkan bahwa media jagung memiliki waktu mematikan  $LT_{50}$  yang lebih cepat, yaitu 5,31 hari. Sementara itu, pada media beras dan PDA masing-masing menunjukkan  $LT_{50}$  sebesar 6,05 dan 10,18 hari. Jika dibandingkan antara kepadatan  $10^6$  dan  $10^7$  konidia/mL, terlihat bahwa kepadatan  $10^6$  konidia/mL lebih cepat dalam membunuh imago *T. castaneum*, baik pada media jagung maupun media beras. Artinya, pada kepadatan  $10^6$  konidia/mL, sebanyak 50% dari populasi imago *T. castaneum* mati dalam waktu 5,31 hari akibat infeksi oleh *B. bassiana*.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa aplikasi cendawan entomopatogen *B. bassiana* terhadap hama *N. lugens* efektivitas dalam menekan populasi *N. lugens* pada skala rumah kaca. Persentase mortalitas tertinggi dicapai oleh perlakuan dengan konsentrasi  $10^8$  konidia/mL, yang mampu menimbulkan kematian hingga 90% dalam waktu 7 hari setelah aplikasi. Hal ini didukung oleh hasil  $LT_{50}$  yang terendah yaitu 6,736 hari dan nilai regresi tertinggi yaitu 0,52, yang menunjukkan kecepatan dan efektivitas tinggi dalam menekan populasi hama. Laju mortalitas juga menunjukkan pola peningkatan hingga hari ke-5, yang kemudian menurun seiring habisnya populasi target, dengan total mortalitas kumulatif mencapai 90% pada hari ke-7. Konsentrasi  $10^8$  konidia/mL merupakan perlakuan paling optimal dalam upaya pengendalian hayati terhadap *N. lugens* menggunakan *B. bassiana*, baik dari segi kecepatan waktu kematian maupun tingkat mortalitas total yang dicapai. Temuan ini mendukung efektivitas *B. bassiana* sebagai agens hayati potensial dalam strategi pengendalian hama berkelanjutan di lingkungan pertanian.

## Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat terkait Program Hibah: Program Dosen Wajib Meneliti, Universitas Lambung Mangkurat, yang telah memberikan dukungan pendanaan dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini. Dukungan tersebut sangat berperan dalam kelancaran dan terselesainya kegiatan penelitian ini.

## Referensi

- Aprillya, M. R., Suryani, E. & Dzulkarnain, A. (2019). The analysis of quality of paddy harvest yield to support food security: a system thinking approach (case study: East Java). *Procedia Computer Science*. 161, 919–926. DOI: 10.1016/j.procs.2019.11.200.
- Barchia, M. F., Ishak, A., Utama, S. P., & Novanda, R. R. (2021). Sustainability status of paddy cultivation on marginal peat soils in Indonesia. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27(2). <https://www.agrojournal.org/27/02-04.pdf>.
- Gargita, I. W. D., Sudiarta, I. P., & Wirya, G. N. A. S. (2017). Pemanfaatan patogen serangga (*Beauveria bassiana* Bals.) untuk mengendalikan hama penghisap buah kakao (*Helopeltis* spp.) di Desa Gadungan, Kecamatan Selemadeg Timur, Kabupaten Tabanan. *Jurnal Nasional*, 1(1), 11-20. <https://jurnal.harianregional.com/jat/full-26472>.
- Ihsan, A. K., Afifah, L., & Kurniati, A. (2023). Virulensi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap wereng batang coklat *Nilaparvata lugens* Stal. *Jurnal Agrotech*, 13(1), 63-70. DOI: <https://doi.org/10.31970/agrotech.v13i1.136>
- Irwan. (2016). Potensi bioinsektisida formulasi cair berbahan aktif *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill dan *Metarhizium* Sp. untuk mengendalikan wereng coklat pada tanaman padi. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(3):25–30. @inproceedings. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:88959595>,

- Iswanto EH, Susanto U, Jamil A. 2015. Perkembangan dan tantangan perakitan varietas tahan dalam pengendalian wereng coklat di Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 34:187–193. DOI: <https://doi.org/10.21082/jp3.v34n4.2015.p187-193>.
- Jaya, A., Inoue, T., Limin, S.H., Darung, U. & Banuwa, I. S. (2010). Microclimate of developed peatland of the mega rice project in Central Kalimantan. *Journal of Tropical Soils*, 15(1), 63–71. DOI: <https://doi.org/10.5400/jts.2010.v15i1.63-71>.
- Khasanah, N. (2008). Pengendalian hama penggerek tongkol jagung *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) dengan *Beauveria Bassiana* strain lokal pada pertanaman jagung manis di Kabupaten Donggala. *Jurnal Agroland*, 15(2), 106-111. <https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article>.
- Kuswoyo A. 2022. Pengendalian Hayati Wereng Batang Cokelat Menggunakan Bakteri Kitinolitik Asal Kantong Semar pada Tanaman Padi. Thesis. Bogor: IPB University.
- Maftu'ah, E. & Nursyamsi, D. (2019). Effect of biochar on peat soil fertility and NPK uptake by corn. *Agrivita*, 41(1), 64–73. DOI: 10.17503/agrivita.v41i1.854.
- Muslimin S, M. S. (2021). Kajian “Mode of Action” *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.(Deuteromycota: Hypomycetes) Terhadap *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Ompusunggu, D. S., Purwanto, B. H., Wulandari, C. & Utami, S. N. H. (2020). Effect of salted fish waste and cow manure on NPK availability and uptake of lowland rice on peat soil in Pelalawan Riau. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 5(1), 11–18. <https://doi.org/10.22146/ipas.47281>.
- Permadi, M. A., Lubis, R. A., & Siregar, L. A. (2018). Virulensi beberapa isolat cendawan entomopatogen terhadap nimfa kepik hijau *Nezara viridula* Linn.(Hemiptera: Pentatomidae). *Jurnal Agrohit: Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan*, 2(2), 52-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.31604/jap.v2i2.518>.
- Rieley, J. O., Wust, R. A. J., Jauhiainen, J., Page, S. E., Wosten, H., Hooijer, A., Siegert, F., Limin, S. H., Vasander, H. & Stahlhut, M. (2008). Tropical peatlands: carbon stores, carbon gas emissions and contribution to climate change processes, in: Strack, M. (ed.), *Peatlands and climate change. International Peat Society*, 148–181. <https://edepot.wur.nl/41970>.
- Sepe, M., Daud, I. D., & Gassa, A. (2020). Infectivity of *Beauveria bassiana* (Balsamo) against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Applied Research in Plant Sciences*, 1(2), 53-58. DOI: <https://doi.org/10.38211/joarps.2020.1.2.8>.
- Sepe, M., Daud, I. D., & Gassa, A. (2021, July). Production of the chitinase by *Beauveria bassiana* in infecting *Tribolium castaneum*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 807, No. 2, p. 022101). IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/807/2/022101.
- Septiyana, Sutandi, A. & Indriyati, L.T. (2017). Effectivity of soil amelioration on peat soil and rice productivity. *Journal of Tropical Soils*, 22(1), 11–20. DOI: <http://dx.doi.org/10.5400/jts.2017.v22i1.1-20>.
- Sianipar MS, Purnama A, Santosa E, Soesilohadi RH, Natawigena WD, Susniahti N, Primasongko A. 2017. Populasi hama wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens* stal.), keragaman musuh alami predator serta parasitoidnya pada lahan sawah di dataran rendah Kabupaten Indramayu. *Agrologia*. 6:44–53. DOI: <https://doi.org/10.30598/a.v6i1.245>.
- Sodiq, M., & Martiningsia, D. (2009). Pengaruh *Beauveria bassiana* terhadap mortalitas semut rangrang *Oecophylla smaragdina* (F.) (Hymenoptera: Formicidae). *Jurnal Entomologi Indonesia*, 6(2), 53-53. DOI: <https://doi.org/10.5994/jei.6.2.53>.
- Sofyan, D. A., Koesmaryono, Y., & Hidayati, R. (2019). Analisis pengaruh faktor cuaca terhadap dinamika populasi wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens* Stål) yang tertangkap lampu perangkap. *Indonesian*

- 
- Journal of Entomology*, 16(1), 455247.  
DOI: <https://doi.org/10.5994/jei.16.1.1>.
- Surahman, A., Soni, P. & Shivakoti, G. P. (2018). Are peatland farming systems sustainable? case study on assessing existing farming systems in the peatland of Central Kalimantan, Indonesia. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 15(01), 1–19. DOI: 10.1080/1943815X.2017.1412326.
- Triwidodo, H., Istiaji, B., Efriani, N. F., Retnowati, L., & Amanatillah, N. E. (2023). Rapid assessments of the rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal) outbreak in Semarang District, Central Java: Effects of farmers' low KAP: Belajar dari kajian cepat ledakan wereng coklat (*Nilaparvata lugens* Stal) di Kabupaten Semarang, Jawa Tengah: Pengaruh dari rendahnya PST petani. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 20(2), 173-173. DOI: 10.5994/jei.20.2.137.
- Wahjono, T. E., Yuliani, Y. and Hadiyanto (2024). *Beauveria Bassiana*; Insect Pathogen And Biopesticide Producer As An Effective And Environmentally Friendly Alternative For Biological Control. *Jurnal Ilmiah Agrineca*, 24(1), 97-112. DOI: <https://doi.org/10.36728/afp.v24i1.2885>.