

Original Research Paper

The Potential of The Entomopathogenic Fungus *Beauveria Bassiana* (bals) Vuillemin to Control Mealybugs *Planococcus spp.* Hemiptera: Pseudococcidae

Lukman Taupiq^{1*}, I Made Sudantha¹, & A. A. Sudharmawan¹

¹Program Magister Pertanian Lahan Kering, Program Pasca Sarjana Universitas Mataram, Jl. Pendidikan No.37 Mataram, Nusa Tenggara Barat 83125

Article History

Received : February 02th, 2024

Revised : February 20th, 2024

Accepted : March 03th, 2024

*Corresponding Author:

Lukman Taupiq, Program Magister Pertanian Lahan Kering, Program Pasca Sarjana Universitas Mataram, Indonesia;

Email:

luqman.taufiq4@gmail.com

Abstract: The mealybug insect pest *planococcus spp.* (Hemiptera: Pseudococcidae) attacks most plants, including food, horticultural, and plantation crops, which directly impacts reducing yields. Continuous control using pesticides made from synthetic chemicals harms environmental sustainability. The use of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* as a pest control for *Planococcus spp.* can be a long-term, environmentally friendly solution. The *Beauveria bassiana* fungus can kill all insect stages of various plant pests from all insect pest orders. The efficacy of *beauveria bassiana* is influenced by various types of enzymes from the secondary metabolites produced, namely: chitinase, protease, amylase, and lipase which function as degraders of the insect integument layer. Efficacy is also influenced by the production of toxins consisting of beauvericin, bassianin, bassiacridin, beauvericin, bassianolide, cyclosporine, oosporein, and tenellin which disrupt the nervous system and kill target insects. The results showed that the application of the *Beauveria bassiana* fungus was effective in reducing the population of the pest *Planococcus spp.* and reducing plant damage. The *Beauveria bassiana* mushroom is an alternative substitute for pesticides made from synthetic chemicals and is very prospective to be used as a biopesticide in controlling the pest *Planococcus spp.* which attacks agricultural plants and plantations.

Keywords: *Beauveria bassiana*, biopesticide, controlling, efficacy, entomopathogenic fungus, mealybug insect (*planococcus spp.*).

Pendahuluan

Kutu putih *planococcus spp.* (Hemiptera: Pseudococcidae) merupakan hama penting yang menyerang banyak tanaman pertanian di seluruh dunia (Franco *et al.*, 2009; Daane *et al.*, 2012), sangat polifag dan mudah beradaptasi, dapat hidup di berbagai tanaman inang dan banyak ditemukan pada kopi, kakao, dan jeruk. Serangan hama ini juga telah dilaporkan pada jambu mete, jambu biji, kapas, tebu, tomat, singkong, srikaya, nanas, karet, alpukat, dan tanaman hortikultura lainnya (Francis *et al.*, 2012), dapat memakan banyak tanaman inang dalam berbagai kondisi, berkembang biak dengan cepat, dan menyebabkan kerusakan serius pada banyak tanaman. *Planococcus spp.* merusak dengan cara mengisap cairan. Semua

bagian tanaman bisa diserangnya dari buah sampai pucuk.

Serangan pada pucuk menyebabkan daun kerdil dan keriput seperti terbakar. Hama ini juga menghasilkan embun madu yang kemudian ditumbuhi jamur jelaga sehingga tanaman yang diserang akan berwarna hitam. Pada tanaman anggur, *planococcus ficus* dan *planococcus citri* mengeluarkan embun madu yang menyebabkan pertumbuhan jamur jelaga, sehingga menurunkan kualitas dan harga jual tandan anggur. Kutu putih ini memakan dan beraktivitas di permukaan daun sehingga dapat menghambat proses fotosintesis (Reineke dan Thiéry, 2016). Serangan hama *planococcus spp.* juga mengurangi kualitas dan kuantitas tanaman. Tanaman jeruk, misalnya, dilaporkan bahwa infestasi dapat menyebabkan kerusakan

tanaman hingga 80% dan penurunan buah hingga 100% (Kerns *et al.*, 2006).

Penggunaan pestisida berbahan kimia paling umum digunakan untuk melawan hama kutu putih (Franco *et al.*, 2009). Namun penggunaan pestisida kimia secara terus – menerus dan berlebihan akan menimbulkan dampak yang luas, tidak hanya mencemari lingkungan dan menimbulkan resistensi, akan tetapi jika digunakan di lahan yang luas memerlukan biaya yang cukup besar, dan akan menimbulkan konsekuensi yang buruk bagi tanaman, dan kesehatan manusia (Wade dan Breden, 1986). Upaya berkelanjutan untuk mengendalikan *planococcus spp.* memerlukan penggabungan beberapa metode pengendalian dan teknologi untuk menekan populasi hama, mengurangi kerusakan, dan meminimalkan kehilangan hasil.

Salah satu pengendalian yang murah serta ramah lingkungan adalah pengaplikasian jamur entomopatogen (Francis, *et al.*, 2012, Karamaouna *et al.*, 2013, Naningsi, *et al.*, 2020). yaitu menggunakan jamur *beauveria bassiana* sebagai agens pengendali hayati. Efektivitas *beauveria bassiana* sebagai agens pengendali hayati sejumlah serangga hama sudah banyak dibuktikan melalui berbagai penelitian (Sheeba *et al.*, 2001; Townsend *et al.*, 2003; Bednarek *et al.*, 2004; Thungrabeab and Tongma, 2007 ; Deciyanto dan Indrayani, 2009). Tulisan penelitian ini bertujuan untuk menginformasikan prospek pemanfaatan jamur entomopatogen *beauveria bassiana* mengendalikan serangga hama *planococcus spp* pada tanaman pertanian.

Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan metode metode *library research* (Kepustakaan). Upaya ini dilaksanakan dengan mencari literatur sebagai sumber data, baik dari jurnal, buku, atau penelitian terdahulu. Metode pengumpulan informasi dilakukan dengan membandingkan data dari makalah, buku, artikel jurnal, web dan data lain yang masih terkait dengan tema pada studi literatur ini. Informasi dari buku dan jurnal tersebut kemudian dianalisis untuk membahas potensi jamur *beauveria bassiana* (*bals*) *vuillemin* untuk mengendalikan kutu putih *planococcus spp.*

Hasil dan Pembahasan

Ekobiologi *Planococcus spp.* (Hemiptera: Pseudococcidae)

Planococcus spp. biasa disebut kutu putih yang termasuk dalam superfamili *Coccoidea*, ordo *Hemiptera*. *Coccoidea* terdiri dari 23 famili; dengan satu genus yang berpotensi merusak pada tanaman. *Planococcus spp.* memiliki telur berwarna merah muda dan berkembang dalam 2 hingga 10 hari. Telur berkembang di tubuh betina dewasa dan dilepaskan melalui kelahiran hidup sebagai nimfa instar pertama (Mani *et al.*, 2011). Nimfa instar pertama dikenal dengan sebutan crawler karena sangat aktif dan berwarna merah jambu kekuningan. Betina dewasa tidak bersayap dengan tubuh berwarna merah muda dengan panjang 3 mm dan lebar 1,5 mm, ditutupi lilin kapas berwarna putih. Setiap orang dewasa dapat bertelur sekitar 300 hingga 600 telur (Kerns *et al.*, 2006; Sirisena *et al.*, 2015).

Perkembangan embrio *planococcus spp.* adalah tipe partenogenesis deuterotoky, dimana betina dewasa dapat menghasilkan keturunan tanpa dibuahi oleh pejantan. Masa reproduksi, fekunditas, dan lama hidup betina dewasa dapat diamati pada fase preoviposisi, oviposisi, dan pasca oviposisi. Lama masa pematangan betina hingga keluarnya nimfa adalah 9-20 hari (rata-rata 15,76 hari), dilanjutkan dengan bertelurnya nimfa yang memakan waktu 4-15 hari (rata-rata 7,9 hari), dan masa pasca bertelur hingga keluarnya nimfa. kematian berkisar antara 0-6 hari (rata-rata 1,1 hari) (Adelina, 2021; Puspitasari *et al.*, 2023). *Planococcus spp.* mempunyai hubungan simbiosis mutualisme dengan semut rangrang hitam dan merah. Saat mereka memakan tanaman, beberapa kutu putih menghasilkan embun madu yang digunakan semut sebagai sumber makanan; semut ini melindungi kutu putih dari serangan predator *scymnus sp.* (*Coleoptera: Coccinellidae*).

Ekskresi embun madu oleh *planococcus spp.* dapat mendukung pertumbuhan jamur jelaga pada permukaan daun tanaman inang. pertumbuhan jamur dapat menutupi daun terhadap cahaya dan udara sehingga dapat mengganggu aktivitas fotosintesis dan menghambat pertumbuhan tanaman, menyebabkan daun tanaman gugur,

berkurangnya kadar gula pada buah, cacat buah, dan berkurangnya hasil panen. Populasi *planococcus spp.* meningkat selama musim kemarau, terutama bila kelembaban nisbi pada siang hari di bawah 75 %. Musim kemarau, serangga ini dapat menyebar dengan cepat melalui angin. *Planococcus spp.* dapat bertahan hidup dan berkembang biak dengan baik pada kisaran suhu 20-29 °C (Francis *et al.*, 2012). Ledakan populasi akan terjadi bila kelembaban nisbi turun di bawah 70 % dan berlangsung terus menerus selama 3 - 4 bulan, dan hari hujan di bawah 10 hari (Puspitasari *et al.*, 2023).

Kerusakan disebabkan hama *Planococcus spp.* (Hemiptera: Pseudococcidae) Pada Tanaman

Tanaman kakao, hama *planococcus spp.* menyerang semua bagian tanaman mulai daun, batang, cabang, dan buah, dengan buah yang paling disukai (Borghi *et al.*, 2021). *Planococcus spp.* merupakan serangga penghisap getah yang sulit dikendalikan (Godfrey *et al.*, 2003; Daane *et al.*, 2006) dan sering bersembunyi di celah-celah tanaman serta memiliki lapisan lilin pelindung berwarna putih, Serangan hama ini menyebabkan polong tumbuh tidak normal dan menurunkan hasil, serta kerugian mencapai 100% pada musim kemarau (Borghi *et al.*, 2021). *Planococcus*

ficus dan *planococcus citri* mengeluarkan embun madu yang menyebabkan pertumbuhan jamur jelaga hitam, beraktivitas di permukaan daun sehingga menghambat proses fotosintesis (Reineke dan Thiéry, 2016). Perlu diketahui bahwa *planococcus spp.* merupakan hama minor pada perkebunan kopi di Indonesia. Infestasi pada tanaman kopi terjadi pada akar dan batang tanaman kopi dan jarang terjadi pada buah kopi (Borghi *et al.*, 2021; Sarjan *et al.*, 2021). Di persemaian, hama *planococcus spp.* menjadi masalah karena mengganggu pertumbuhan tanaman dan menyerang titik tumbuh (Naegele *et al.*, 2020).

Perkembangan teknik pengendalian hama *Planococcus spp.* (Hemiptera: Pseudococcidae)

Beberapa teknik pengendalian dilaporkan berhasil mengendalikan populasi hama *planococcus spp.* seperti pemanfaatan musuh alami (predator dan parasitoid), penggunaan pestisida nabati dari bahan alami, sanitasi lingkungan, gangguan kawin (feromon) dan pengendalian hayati menggunakan jamur entomopatogen, diyakini dapat menjadi solusi yang ramah lingkungan untuk menurunkan populasi *planococcus spp.* Teknik pengendalian yang telah dilaporkan efektif menekan populasi *planococcus spp.* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode Pengendalian *Planococcus spp.* yang ramah lingkungan di Indonesia (Puspitasari *et al.*, 2023)

No	Metode Pengendalian	Teknik Pengendalian	Catatan
1	Pengendalian hayati menggunakan Jamur entomopatogen	<i>Beauveria bassiana</i>	Secara efektif mengendalikan kutu putih pada tanaman anggur dalam pot (Moloinyane <i>et al.</i> , 2019)
		Predator: Kepik (<i>Menochilus sexmaculata</i> dan Kepik berujung tujuh (Coleoptera: Coccinellidae)	Memangsa telur dan nimfa <i>P. minor</i> ; memiliki potensi makan 20 butir telur dan 13 nimfa per hari (Mastoi <i>et al.</i> , 2019)
2	Musuh Alami (predator dan parasitoid)	<i>Scymnus pullus</i> (Coleoptera: Coccinellidae)	Memangsa lima (5) spesies Kutu Putih (Vidya <i>et al.</i> , 2018]
		<i>Spalgis epius</i> (Lepidoptera: Lycaenidae)	Dapat memangsa 2618 telur dan 170 nimfa, serta 39,7 <i>P. citri</i> dewasa dalam seluruh pertumbuhannya (Dinesh and Venkatesha, 2011)
		Parasitoid: <i>Coccidoxenoides perminutus</i> (Hymenoptera: Encyrtidae)	Menyerang semua instar Mealybugs (Fernandes and Oliveira, 2016)

		Serbuk daun Gamal (<i>Gliricidia maculata</i>).	Mengontrol <i>P. citri</i> LT50 dalam waktu 72 jam (Nukmal, <i>et al.</i> , 2017)
		Ramayana (<i>Cassia spectabilis</i>) dan Tembakau (<i>Nicotiana tabacum</i>)	Pengendalian <i>P. citri</i> sebanyak 30ml/L (3,0%) diterapkan empat (4) kali setiap bulan; memiliki efek serupa dengan insektisida kimia (Wiryadiputra, 2006)
3	Pestisida Nabati	Minyak serai wangi, Minyak Gamal, Minyak cengkeh dan asap cair minyak biji <i>Reutealis trisperma</i>	Pengendalian yang efektif terhadap <i>Planococcus</i> spp. dalam kakao (Soesanthy and Hapsari, 2022 ; Indriati and Samsudin 2018)
		Blanco (jenis Kemiri)	Mengendalikan <i>P. minor</i> LC50 0,09%, LT50 3,7 hari, dapat mengendalikan hingga 90% populasi (Prabowo and Damaiyanti, 2019), kanopi tanaman yang sering menjadi tempat cocok bagi <i>Planococcus</i> spp (Watson and Hewitt, 2020 ;Walton and Pringle, 2017)
4	Teknik Budaya Pemangkasan	Sanitasi Peralatan	
5	Gangguan Kawin (feromon)	Feromon seks yang dipasang 1,5 m di atas permukaan tanah dan ditempatkan di antara pohon- pohon tanaman	Mengendalikan populasi dengan menarik dan menjebak <i>P. minor</i> jantan (Francis <i>et al.</i> , 2012)

Peluang Pemanfaatan Jamur *Beauveria Bassiana* Dalam Pengendalian Hama Pada Tanaman Pertanian

Jamur *beauveria bassiana* merupakan salah satu jenis jamur entomopatogen yang banyak dikembangkan sebagai agens hayati untuk mengendalikan berbagai jenis hama dan penyakit (bayu *et al.*, 2021). *Beauveria bassiana* termasuk dalam divisi Ascomycota, kelas Sordariomycetes, ordo Hypocreales, dan famili Clavicipitaceae. Konidia berbentuk bulat hingga oval, bersel satu, hialin, ukuran konidia berkisar 2-3 mm yang terbentuk pada setiap pucuk konidiofor. Hifa *beauveria bassiana* berukuran 1,5-2,1 mm, hialin, bersekat, dan bercabang. Miselium berupa benang-benang halus berwarna putih namun dengan perkembangan umur maka warna berubah menjadi kuning pucat (Kumar *et al.*, 2016). Jamur *beauveria bassiana* dapat tumbuh dengan optimal pada kisaran temperatur 15^o-30^o C, namun bagi isolat *beauveria bassiana* yang virulen dengan penambahan minyak umumnya lebih toleran terhadap temperatur di atas 32^o C (Ugine, 2011; Oliveira *et al.*, 2018).

Jamur *beauveria bassiana* berkembang biak secara aseksual dengan membentuk konidia

udara pada permukaan media padat melalui perbanyakannya hifa, kemudian terbentuk pialid dan konidia. Konidia udara (aerial conidial) umumnya paling banyak digunakan sebagai agens pengendalian hayati sebab lebih toleran terhadap berbagai faktor dan lebih tahan lama (Gouli *et al.*, 2014). Konidia udara mengandung lapisan tertentu yang menghasilkan sifat hidrofobik. Sementara blastospora yang diproduksi dalam media cair bersifat hidrofilik sehingga mudah berkecambah dan banyak yang kurang efektif jika diaplikasikan di lapangan (Chinnadurai dan Ganesh 2013; Holder dan Kayhani 2015; Mascarin dan Jaronski 2016).

Jamur *beauveria bassiana* menghasilkan toksin yang umum berupa enzim protease yaitu Pr1 dan Pr2 yang dapat berfungsi sebagai pendegradasi kutikula serangga (Fan *et al.*, 2010; Cito *et al.* 2016; Daniel *et al.* 2017; Maistrou *et al.*, 2018). Sementara itu, berbagai senyawa metabolit yang dihasilkan jamur *beauveria bassiana* antara lain; beauvericin, bassianin, bassiacridin, bassianolide, cyclosporine, dan tenellin yang sangat toksik dalam merusak sistem syaraf, menggagalkan proses ganti kulit (moulting) sehingga bentuk serangga menjadi tidak normal, bahkan dapat

mengakibatkan kematian serangga inang (Behie *et al.*, 2015; Vikhe *et al.*, 2016; Jaber dan Ownley, 2018).

Oosporein dari jamur *beauveria bassiana* dilaporkan dapat menghambat proses peletakan telur maupun menggagalkan penetasan telur berbagai jenis serangga hama yang termasuk Ordo Lepidoptera dari Famili Pyralidae (Klieber dan Reineke 2016; Mc Namara *et al.*, 2019). Selanjutnya, Al Khoury *et al.*, (2019) menyatakan bahwa beauvericin sangat toksik membunuh tungau *Tetranychus urticae*. Senyawa bassianolide juga mampu membunuh larva ulat grayak (*S. litura*) (Lepidoptera; Noctuidae) hingga mencapai 100% (Petlamul dan Prasertsan 2012). Sementara itu, senyawa bassiacridin dilaporkan cukup toksik membunuh serangga *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae) (Keswani *et al.*, 2013).

Pengendalian hayati menggunakan *beauveria bassiana* mampu membunuh seluruh stadia serangga hingga 96% dan memiliki kisaran inang yang cukup luas meliputi Ordo Homoptera, Hemiptera, Ortoptera, Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Isoptera, dan Hymenoptera serta tidak menyebabkan resistensi pada serangga sasaran (Gao *et al.*, 2012; Prayogo, 2013; Mascarin dan Jaronski 2016; Bayu *et al.*, 2021). Memiliki spektrum inang terluas di antara semua patogen serangga dan berfungsi sebagai sumber utama pestisida jamur untuk memerangi hama arthropoda berspektrum luas (Xiao *et al.*, 2012; Vivekanandhan *et al.*, 2018, 2020; Ding *et al.*, 2023). Mudah diisolasi dan dihasilkan dari hampir semua ekosistem (Rehner *et al.*, 2011). Moorthi *et al.* 2015 melaporkan bahwa jamur *Beauveria bassiana* sangat toksik dalam membunuh ulat grayak Spodoptera litura yang merupakan salah satu jenis serangga dari Ordo Lepidoptera.

Menurut laporan Bayu *et al.*, (2021) bahwa *beauveria bassiana* efektif membunuh kutu kebul (*Bemisia tabaci*) (Homoptera: Aleyrodidae), baik stadia telur, nimfa, maupun imago. Selain itu, *beauveria bassiana* juga toksik terhadap hama aphid yang sangat merugikan berbagai jenis tanaman (Shrestha *et al.*, 2015; Cheong *et al.*, 2020). Mampu mengendalikan 80 - 100% hama tungau (Deciyanto dan Indrayani 2009). Anggarawati (2017) juga melaporkan bahwa jamur

entomopatogen *beauveria bassiana* berhasil menyebabkan mortalitas imago *Helopeltis antonii* (Hemiptera : Miridiae) sebesar 100% pada kondisi kerapatan konidia 108 dan 109 /ml.

Mekanisme infeksi *beauveria bassiana* pada serangga inang terjadi melalui empat tahapan yaitu: inokulasi, germinasi, penetrasi, diseminasi, dan kolonisasi (Dannon *et al.*, 2020).

Tahap inokulasi adalah proses kontak antara organ infeksi dengan integumen serangga inang. Organ infeksi jamur *beauveria bassiana* adalah konidia sehingga pada waktu aplikasi di lapangan, suspensi konidia yang diaplikasikan harus kontak dengan organ tubuh serangga khususnya lapisan integumen. Selanjutnya, konidia menempel pada integumen serangga, pada proses tersebut diperlukan bahan perekat agar konidia sebagai organ infeksi melekat pada integument. Tahap kedua adalah germinasi. Konidia membentuk tabung kecambah (germ tube) sehingga memerlukan kelembaban yang cukup tinggi hingga di atas 90%. Beberapa senyawa seperti protein, karbon, asam amino, dan fenol yang terdapat pada lapisan integumen diperlukan konidia sebagai stimulan untuk membentuk kecambah (Meena *et al.* 2015).

Tahap ketiga yaitu proses penetrasi. Pada saat tersebut jamur membentuk blastospora pada ujung apresorium atau haustorium dan siap untuk menembus lapisan kutikula serangga yang selanjutnya terbentuk hifa primer di dalam tubuh serangga (Ortiz-Urquiza dan Keyhani, 2016; Saranraj dan Jayaprakash, 2017). Tahap selanjutnya adalah diseminasi, blastospora memproduksi berbagai jenis toksin antara lain: beauvericin, beaverolide, bassianin, bassianolide, bassiacridin, tenelin, dan cyclosporin yang beredar di dalam darah serangga (hemolymph) sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan pH darah serangga dan terganggunya sistem saraf yang membuat serangga enggan bergerak maupun nafsu makan turun dan diakhiri dengan kematian (Altinok *et al.*, 2019).

Pemanfaatan Jamur *Beauveria Bassiana* Dalam Mengendalikan Hama *Planococcus spp.* (Hemiptera: Pseudococcidae)

Saat ini banyak penelitian fokus pada teknik pengendalian hayati yang ramah

lingkungan, tidak menimbulkan resistensi, aman untuk tanaman dan manusia, yang salah satunya menggunakan jamur entomopatogen, yaitu penggunaan jamur *beauveria bassiana* yang dilaporkan berhasil mengendalikan populasi hama. Dan diyakini dapat menjadi solusi untuk menekan dan menurunkan populasi hama yang menyerang tanaman. Moloinyane *et al.*, (2019) melaporkan praktik pengendalian menggunakan jamur *beauveria bassiana* efektif menangani *planococcus spp.* pada tanaman anggur. Kankar *et al.*, (2020) juga melaporkan pengaplikasian formula jamur *beauveria bassiana* pada penyemprotan tanaman anggur dengan dosis 5,00 ml/L dengan dua kali penyemprotan menghasilkan penurunan koloni kutu putih hingga 67,82% dibandingkan kontrol pada pemangkasan pondasi. Begitu pula pada pemangkasan buah, setelah penyemprotan kelima dengan dosis 5,00 ml/L tercatat penurunan populasi kutu putih sebesar 75,68% dan pada dosis 7,50 ml/L tercatat penurunan populasi kutu putih sebesar 91,89% dibandingkan kontrol dengan peningkatan hasil buah sebesar 92,44%. dan 86,39% masing-masing atas perlakuan control.

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penulisan ini adalah *Beauveria bassiana* efektif mengendalikan *planococcus spp.*, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai agens pengendali hayati. Penyemprotan yang dilakukan dua kali dengan dosis 5,00 ml/L menghasilkan penurunan koloni kutu putih hingga 67,82%, setelah penyemprotan kelima dengan dosis 5,00 ml/L tercatat penurunan populasi kutu putih sebesar 75,68% dan pada dosis 7,50 ml/L tercatat penurunan populasi kutu putih sebesar 91,89%. Jamur *beauveria bassiana* menjadi alternatif pengganti pestisida berbahan kimia sintetik dan sangat prospektif digunakan sebagai biopestisida dalam mengendalikan hama *Planococcus spp.* yang menyerang tanaman pertanian dan perkebunan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. I Made Sudantha, MS., dan Dr. Ir. A. A. Sudharmawan, M.P., selaku

Pembimbing, Teman-teman dan semua pihak yang senantiasa memberikan bimbingan, nasehat, dan motivasi kepada penulis sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

Referensi

- Adelina, N. S. *Studi biologi dan pemberian dosis letal iradiasi gamma 60Co terhadap kutu putih planococcus lilacinus cockerell, 1905 hemiptera: pseudococcidae* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Ahmed, N. H., & Abd-Rabou, S. M. (2010). Host plants, geographical distribution, natural enemies and biological studies of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso)(Hemiptera: Pseudococcidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology*, 3(1), 39-47. 10.21608/eajbsa.2010.15207.
- Al Khoury, C., Guillot, J., & Nemer, N. (2019). Lethal activity of beauvericin, a *Beauveria bassiana* mycotoxin, against the two-spotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Entomology*, 143(9), 974-983. <https://doi.org/10.1111/jen.12684>
- Altinok, H. H., Altinok, M. A., & Koca, A. S. (2019). Modes of action of entomopathogenic fungi. *Current Trends in Natural Sciences*, 8(16), 117-124.
- Andriyani R, Nismah N & Emantis R. (2016). The toxicity of purified isolate of polar extract powder leafs *Gliricidia maculata* hbr. to cacao mealybug (*Planococcus minor maskell*) 3rd International Wildlife Symposium “Conserving Sumatran Wildlife Heritage for Sustainable Livelihood” pp 175–81
- Anggarawati, S. H., Santoso, T., & Anwar, R. (2017). Penggunaan Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin Dan *Lecanicillium lecanii* (ZIMM) Zare & Gams Untuk Mengendalikan *Helopeltis antonii* Sign (Hemiptera: Miridae) The Use of Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Journal of*

- Tropical Silviculture*, 8(3), 197-202. 10.29244/j-siltrop.8.3.197-202.
- Bayu, M. S. Y. I., Prayogo, Y., & Indiati, S. W. (2021). Beauveria bassiana: biopestisida ramah lingkungan dan efektif untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. *Buletin Palawija*, 19(1), 41-63. 10.21082/bulpa.v19n1.2021.p41-63.
- Behie, S. W., Jones, S. J., & Bidochka, M. J. (2015). Plant tissue localization of the endophytic insect pathogenic fungi Metarhizium and Beauveria. *Fungal Ecology*, 13, 112-119. 10.1016/j.funeco.2014.08.001
- Borghini, E. J. A., Fornaciari, G., Vieira, M. L., Aguiar, R. L., Holtz, A. M., Verdin Filho, A. C., ... & Carvalho, J. R. D. (2021). Planococcus spp.: behavior and monitoring in conilon coffee crops. 10.25186/v16i1.1820
- Cheong, P. C., Glare, T. R., Rostás, M., Haines, S., Brookes, J. J., & Ford, S. (2020). Lack of involvement of chitinase in direct toxicity of Beauveria bassiana cultures to the aphid Myzus persicae. *Journal of invertebrate pathology*, 169, 107276. 169(2020):107276. 10.1016/j.jip.2019.107276
- Chinnadurai S, & Ganesh P. (2013). Optimization process for blastospore production of Beauveria bassiana isolates in poly ethylene glycol (peg) supplemented medium. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 2(11):114-122.
- Cito, A., Barzanti, G. P., Strangi, A., Francardi, V., Zanfini, A., & Dreassi, E. (2016). Cuticle-degrading proteases and toxins as virulence markers of Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin. *Journal of Basic Microbiology*, 56(9), 941-948. 10.1002/jobm.201600022
- Cutino, I., Benvenuti, C., Mazza, G., Conti, B., Marraccini, D., & Gargani, E. (2023). Efficacy of Beauveria bassiana and Mechanical Traps for the Control of Aclees taiwanensis (Coleoptera: Curculionidae) in Fig Plants. *Agriculture*, 13(11), 2050. <https://doi.org/10.3390/agriculture13112050>
- Daane, K. M., Almeida, R. P., Bell, V. A., Walker, J. T., Botton, M., Fallahzadeh, M., ... & Zaviezo, T. (2012). Biology and management of mealybugs in vineyards. *Arthropod management in vineyards: pests, approaches, and future directions*, 271-307. 10.1007/978-94-007-4032-7_12
- Daane, K. M., Bentley, W. J., Walton, V. M., Malakar-Kuenen, R., Millar, J. G., Ingels, C. A., ... & Gispert, C. (2006). New controls investigated for vine mealybug. *California Agriculture*, 60(1), 31-38. 10.3733/ca.v060n01p31
- Daniel, J. F., Silva, A. A., Nakagawa, D. H., Medeiros, L. S. D., Carvalho, M. G., Tavares, L. J., ... & Rodrigues-Filho, E. (2017). Larvicidal activity of Beauveria bassiana extracts against Aedes aegypti and identification of beauvericins. *Journal of the brazilian chemical society*, 28, 1003-1013. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20160253>
- Dannon, H. F., Dannon, A. E., Douro-Kpindou, O. K., Zinsou, A. V., Houndete, A. T., Toffa-Mehinto, J., ... & Tamò, M. (2020). Toward the efficient use of Beauveria bassiana in integrated cotton insect pest management. *Journal of Cotton Research*, 3, 1-21. 10.1186/s42397-020-00061-5
- De Oliveira, D. G. P., Lopes, R. B., Rezende, J. M., & Delalibera Jr, I. (2018). Increased tolerance of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae conidia to high temperature provided by oil-based formulations. *Journal of Invertebrate Pathology*, 151, 151-157. 0.1016/j.jip.2017.11.012
- Dinesh, A. S., & Venkatesha, M. G. G. (2011). Predation of the apefly, Spalgis epius (Lepidoptera: Lycaenidae) on citrus mealybug, Planococcus citri (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biocontrol Science and Technology*, 21(5), 523-533. 10.1080/09583157.2011.559533
- Erdoğan, O., & Sağlan, Z. (2023). In Vitro Compatibility of Entomopathogenic Fungi Beauveria Bassiana (Bals.) Vuill. with Different Fungicides. *Black Sea*

- Journal of Agriculture*, 6(4), 416-421. 10.47115/bsagriculture.1301874.
- Fan, Y., Pei, X., Guo, S., Zhang, Y., Luo, Z., Liao, X., & Pei, Y. (2010). Increased virulence using engineered protease-chitin binding domain hybrid expressed in the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Microbial pathogenesis*, 49(6), 376-380. 10.1016/j.micpath.2010.06.013
- Fernandes, M. H. D. A., Oliveira, J. E. D. M., Costa, V. A., & Menezes, K. O. D. (2016). *Coccidoxenoides perminutus* parasitizing *Planococcus citri* on vine in Brazil. *Ciência Rural*, 46, 1130-1133. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150357>
- Francis, A. W., Kairo, M. T., Roda, A. L., Liburd, O. E., & Polar, P. (2012). The passionvine mealybug, *Planococcus minor* (Maskell)(Hemiptera: Pseudococcidae), and its natural enemies in the cocoa agroecosystem in Trinidad. *Biological Control*, 60(3), 290-296. 10.1016/j.biocontrol.2011.12.002
- Franco, J. C., Suma, P., da Silva, E. B., Blumberg, D., & Mendel, Z. (2004). Management strategies of mealybug pests of citrus in Mediterranean countries. *Phytoparasitica*, 32, 507-522. 10.1007/BF02980445.
- Franco, J. C., Zada, A., & Mendel, Z. (2009). Novel approaches for the management of mealybug pests. *Biorational control of arthropod pests: application and resistance management*, 233-278. 10.1007/978-90-481-2316-2_10
- Godfrey, K., Ball, J., Gonzalez, D., & Reeves, E. (2003). Biology of the vine mealybug in vineyards in the Coachella Valley, California. *Southwestern entomologist*, 28(3), 183–196
- Gouli, V., Gouli, S., & Kim, J. S. (2014). Production of *Beauveria bassiana* air conidia by means of optimization of biphasic system technology. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57, 571-577. 10.1590/S1516-8913201401745
- Indriati G & Samsudin. (2018). Potensi asap cair sebagai insektisida nabati pengendali penggerek buah kopi *Hypothenemus hampei*. *J. Tanam. Ind. dan Penyegar*, 5 123–34. 10.21082/JTIDP.V5N3.2018.P123-134
- Jaber, L. R., & Ownley, B. H. (2018). Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens?. *Biological control*, 116, 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.018>
- Karamaouna, F., Kimbaris, A., Michaelakis, A., Papachristos, D., Polissiou, M., Papatsakona, P., & Tsora, E. (2013). Insecticidal activity of plant essential oils against the vine mealybug, *Planococcus ficus*. *Journal of Insect Science*, 13(1), 142. <https://doi.org/10.1673/031.013.14201>
- Kerns D, Wright G., & Loghry J., (2006). Citrus Mealybug Encycl. *Entomol.* 85721 515–515
- Keswani, C., Singh, S. P., & Singh, H. B. (2013). *Beauveria bassiana*: status, mode of action, applications and safety issues. *Biotech Today*, 3(1), 16-20. 10.5958/J.2322-0996.3.1.002
- Klieber, J., & Reineke, A. (2016). The entomopathogen *Beauveria bassiana* has epiphytic and endophytic activity against the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. *Journal of Applied Entomology*, 140(8), 580-589. <https://doi.org/10.1111/jen.12287>
- Kumar, V., Singh, G. P., Babu, A. M., Ahsan, M. M., & Datta, R. K. (1999). Germination, penetration, and invasion of *Beauveria bassiana* on silkworm, *Bombyx mori*, causing white muscardine. *Italian Journal of Zoology*, 66(1), 39-43. <https://doi.org/10.1080/11250009909356235>
- Liu, M., Ding, J., & Lu, M. (2023). Influence of symbiotic bacteria on the susceptibility of *Plagioderia versicolora* to *Beauveria bassiana* infection. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1290925. 10.3389/fmicb.2023.1290925
- Maistrou, S., Paris, V., Jensen, A. B., Rolff, J., Meyling, N. V., & Zanchi, C. (2018). A constitutively expressed antifungal peptide protects *Tenebrio molitor* during

- a natural infection by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Developmental & Comparative Immunology*, 86, 26-33. 10.1016/j.dci.2018.04.015
- Mani, M., Krishnamoorthy, A., & Shivaraju, C. (2011). Biological suppression of major mealybug species on horticultural crops in India. *Journal of horticultural sciences*, 6(2), 85-100. <https://doi.org/10.24154/jhs.v6i2.412>
- Mansour, R., Belzunces, L. P., Suma, P., Zappalà, L., Mazzeo, G., Grissa-Lebdi, K., ... & Biondi, A. (2018). Vine and citrus mealybug pest control based on synthetic chemicals. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0513-7>
- Mascarin, G. M., & Jaronski, S. T. (2016). The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32, 1-26. 10.1007/s11274-016-2131-3
- Meena M, Prasad V, Zehra A, Gupta VK, & Upadhyay RS. (2015). Manitol metabolism during pathogenic fungalhost interactions under stressed conditions. *Frontiers in Microbiology* 6(2015):1-12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01019>
- Naegele, R. P., Cousins, P., & Daane, K. M. (2020). Identification of *Vitis* cultivars, rootstocks, and species expressing resistance to a *Planococcus* mealybug. *Insects*, 11(2), 86. <https://doi.org/10.3390/insects11020086>
- Naningsi, N. (2019). Penggunaan Mol Hijau Pada Tanaman Kakao Di Desa Dangintukadaya, Kecamatan Jembrana, Kabupaten Jembrana. *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, 2(2), 16-19. <https://doi.org/10.47532/jiv.v2i2.85>
- Nukmal, N. (2017). Insecticidal effects of the flavonoid-rich fraction of leaves extract of gamal (*Gliricidia sepium*) on the coffee mealybugs (*Planococcus citri* Risso.). *Annual Research & Review in Biology*, 16(6), 1-9. 10.9734/ARRB/2017/36209
- Nwilene, F. E., Adeoti, A. O., & Shaibu, A. A. (2023). Efficacy of *metarhizium anisopliae* and *beauveria bassiana* as biological control agents of African Rice Gall Midge (AfRGM), *Orseolia oryzivora* Harris & Gagné. *International Journal of Pest Management*, 1-8. 10.1080/09670874.2023.2274353
- Ortiz-Urquiza, A., & Keyhani, N. O. (2016). Molecular genetics of *Beauveria bassiana* infection of insects. *Advances in Genetics*, 94, 165-249. 10.1016/bs.adgen.2015.11.003
- Petlamul, W., & Prasertsan, P. (2012). Evaluation of strains of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Spodoptera litura* on the basis of their virulence, germination rate, conidia production, radial growth and enzyme activity. *Mycobiology*, 40(2), 111-116. 10.5941/MYCO.2012.40.2.111
- Purwaningsih, T., Kristanto, B. A., & Karno, K. (2018). Efektifitas aplikasi *Beauveria bassiana* sebagai upaya pengendalian wereng batang coklat dan walang sangit pada tanaman padi di Desa Campursari Kecamatan Bulu Kabupaten Temanggung. *Journal of Agro Complex*, 2(1), 12-18. 10.14710/joac.2.1.12-18.
- Puspitasari, M., Susilawati, S., Hapsari, A. D., & Harni, R. (2023). Mealybug (*Planococcus* spp. Hemiptera: Pseudococcidae) as a pest on plantation crops and its control techniques: A review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1133, No. 1, p. 012032). IOP Publishing. 10.1088/1755-1315/1133/1/012032.
- Rännbäck, L. M., Cotes, B., Anderson, P., Rämert, B., & Meyling, N. V. (2015). Mortality risk from entomopathogenic fungi affects oviposition behavior in the parasitoid wasp *Trybliographa rapae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 124, 78-86. 10.1016/j.jip.2014.11.003.
- Reineke, A., & Thiéry, D. (2016). Grapevine insect pests and their natural enemies in the age of global warming. *Journal of Pest Science*, 89(2), 313-328.

- <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0761-8>
- Rosmiati, A., Hidayat, C., Firmansyah, E., & Setiati, Y. (2018). Potensi *Beauveria bassiana* sebagai agens hayati Spodoptera litura Fabr. pada tanaman kedelai. *Agrikultura*, 29(1), 43-47. 10.24198/agrikultura.v29i1.16925.
- Saranraj, P., & Jayaparakash, A. (2017). Agrobeneficial entomopathogenic fungi–*Beauveria bassiana*: A review. *Indo-Asian Journal of Multidisciplinary Research*, 3(2), 1051-1087. 10.22192/iajmr.2017.3.2.4
- Sarjan, M., & Nikmatullah, A. (2021, March). Population and attack intensity of Leaf Sucking pests during plantation initiation of three white potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties in medium latitude, East Lombok. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1098, No. 4, p. 042106). IOP Publishing. 10.1088/1757-899X/1098/4/042106
- Sirisena, U. G. A. I., Watson, G. W., Hemachandra, K. S., & Wijayagunasekara, H. N. P. (2013). Mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) species on economically important fruit crops in Sri Lanka. <https://tar.sljol.info/articles/10.4038/tar.v25i1.8031>
- Soesanthy, F., & Hapsari, A. D. (2022). Efficacy of some plant extracts against mealybugs on cacao. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 974, No. 1, p. 012095). IOP Publishing. 10.1088/1755-1315/974/1/012095
- Soetopo, D., & Indrayani, I. G. A. A. (2015). Jamur entomopatogen *Beauveria bassiana*: potensi dan prospeknya dalam pengendalian hama tungau. *Perspektif: Review Penelitian Tanaman Industri*, 8(2), 65-73. 10.21082/p.v8n2.2009.%p.
- Ugine, T. A. (2011). The effect of temperature and exposure to *Beauveria bassiana* on tarnished plant bug *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae) population dynamics, and the broader implications of treating insects with entomopathogenic fungi over a range of temperatures. *Biological Control*, 59(3), 373-383. 10.1016/j.biocontrol.2011.08.004
- Vidya, C. V., & Haseena Bhaskar, H. B. (2017). Scymnini (Coleoptera: Coccinellidae) associated with major sucking pests of Kerala. <https://doi.org/10.18311/jbc/2017/18618>
- Vikhe, A. G., Dale, N. S., Umbarkar, R. B., Labade, G. B., Savant, A. R., & Walunj, A. A. (2016). In vitro and in vivo induction, and characterization of toxins isolated from *Beauveria bassiana*. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 4(3), 97-103.
- Vinayaga Moorthi, P., Balasubramanian, C., Selvarani, S., & Radha, A. (2015). Efficacy of sub lethal concentration of entomopathogenic fungi on the feeding and reproduction of Spodoptera litura. *Springerplus*, 4, 1-12. 10.1186/s40064-015-1437-1
- Wiryadiputra, S. (2006). Effectiveness of Biopesticide Derived from *Cassia spectabilis* and *Nicotiana tabacum* Leaves Against the Main Insect Pests of Coffee and Its Effect On Other Arthropods. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 22(1). 10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v22i1.27