

Patogenisitas Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap Serangga *Nezara viridula* (L.) pada Stadia yang Berbeda (*Pathogenicity of Entomopathogenic Fungus Beauveria bassiana* to Insect *Nezara viridula* (L.) at Different Stages)

Mega Mahrani Nasution¹, Muhammad Sayuthi², Hasnah Hasnah^{3*}

^{1,2,3}Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: hasnah@unsyiah.ac.id

Abstrak. *Beauveria bassiana* merupakan salah satu cendawan entomopatogen yang sering dimanfaatkan sebagai bioinsektisida dalam mengendalikan serangga hama pada tanaman budidaya. *Nezara viridula* merupakan salah satu hama utama pada tanaman polong-polongan yang merusak tanaman dengan menusukkan stiletnya pada buah atau biji kemudian menghisap cairannya sehingga mengakibatkan penurunan hasil hingga 80% bahkan dapat mengalami puso apabila tidak dilakukan pengendalian. Pengendalian hama dengan memanfaatkan cendawan entomopatogen diharapkan dapat mengendalikan serangga hama *N. viridula* pada stadia yang berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsentrasi cendawan *B. bassiana* yang efektif dalam mengendalikan hama serangga *N. viridula*. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap faktorial yang terdiri dari 2 faktor yaitu kerapatan konidia cendawan *B. bassiana* dengan 4 taraf yaitu K₁ (10² cfu), K₂ (10⁴ cfu), K₃ (10⁶ cfu), dan K₄ (10⁸ cfu), serta stadia perkembangan serangga yaitu: S₁ (Nimfa instar 2), S₂ (Nimfa instar 4), S₃ (Imago), sehingga diperoleh 12 kombinasi perlakuan dengan 2 ulangan serta didapat 24 unit percobaan. Peubah yang diamati meliputi masa inkubasi cendawan *B. bassiana* pada *N. viridula* (hari), gejala yang ditimbulkan pada *N. viridula* akibat terinfeksi cendawan *B. bassiana*, dan Mortalitas *N. viridula* (%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan konidia cendawan *B. bassiana* berpengaruh nyata terhadap masa inkubasi pada *N. viridula* tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap stadia perkembangan serangga. Semakin tinggi tingkat kerapatan konidia cendawan *B. bassiana* yang diaplikasikan, maka semakin cepat timbulnya gejala *white muscardine* pada serangga *N. viridula* di laboratorium. Kerapatan konidia 10⁸ cfu pada 2 hari setelah aplikasi (HSA) serangga sudah mati dan tubuh sudah ditumbuhi cendawan *B. bassiana*. Stadia perkembangan serangga dan tingkat kerapatan konidia cendawan berpengaruh nyata terhadap mortalitas. Mortalitas tertinggi terjadi pada kerapatan konidia 10⁸ cfu yaitu 71,13% pada pengamatan 5 HSA. Cendawan *B. bassiana* berpotensi sebagai agens hayati dalam mengendalikan serangga hama *N. viridula* yang berwawasan lingkungan.

Kata kunci : Patogenisitas, *Beauveria bassiana*, *Nezara viridula*.

Abstract. *Beauveria bassiana* is one of the entomopathogenic fungi that is often used as a bioinsecticide in controlling insect pests in cultivated plants. *Nezara viridula* is one of the main pests on legumes that damage plants by sticking the stylet into the fruit or seed and then sucking the liquid, resulting in a decrease in yield of up to 80% and can even experience puso if not controlled. Pest control using entomopathogenic fungi is expected to control the insect pest *N. viridula* at different stadia. The purpose of this study was to obtain a concentration of the fungus *B. bassiana* which was effective in controlling the insect pest *N. viridula*. The design used in this study was a factorial completely randomized design consisting of 2 factors, namely the conidia density of the fungus *B. bassiana* with 4 levels, namely K₁ (10² cfu), K₂ (10⁴ cfu), K₃ (10⁶ cfu), and K₄ (10⁸ cfu), and the developmental stages of insects, namely: S₁ (Nymph instar 2), S₂ (Nymph instar 4), S₃ (Imago), so that 12 treatment combinations were obtained with 2 replications and 24 experimental units were obtained. The observed variables included the incubation period of the fungus *B. bassiana* on *N. viridula* (days), the symptoms caused in *N. viridula* due to infection with the fungus *B. bassiana*, and the mortality of *N. viridula* (%). The results showed that the conidia density of the fungus *B. bassiana* had a significant effect on the incubation period of *N. viridula* but had no significant effect on the developmental stage of insects. The higher the conidia density of the fungus *B. bassiana* applied, the faster the symptoms of white muscardine in *N. viridula* insects appeared in the laboratory. Conidia density of 10⁸ cfu at 2 days after application (HSA) the insects were dead and the body was overgrown with *B. bassiana* fungus. Insect developmental stadia and fungal conidia density had a significant effect on mortality. The highest mortality occurred at conidia density of 10⁸ cfu, which was 71.13% at 5 days of HSA observation. The fungus *B. bassiana* has the potential as a biological agent in controlling the insect pest *N. viridula* in an environmentally sound manner.

Keywords: Pathogenicity, *Beauveria bassiana*, *Nezara viridula*.

PENDAHULUAN

Beauveria bassiana merupakan salah satu cendawan yang sering dimanfaatkan sebagai bioinsektisida untuk mengendalikan beberapa hama pada tanaman budidaya. Kelebihan cendawan ini adalah kapasitas reproduksi yang tinggi, ramah terhadap lingkungan, serta memiliki patogenisitas yang tinggi terhadap hama sasaran (Soetopo dan Iga, 2007; Pertiwi et al., 2016). Cendawan entomopatogen ini cukup potensial dikembangkan menjadi agens hayati serangga hama. Cendawan ini berasal dari tanah dan bersifat saprofit yang dapat hidup di berbagai tempat (kosmopolitan) dan dapat sebagai agens hayati terhadap Ordo Lepidoptera, Diptera, Hemiptera, Coleoptera, serta Hymenoptera (Soetopo dan Iga, 2007; Kumalasari et al., 2016).

Salah satu serangga Ordo Hemiptera yang merupakan hama utama pada tanaman kacang-kacangan yaitu kepik penghisap polong *Nezara viridula*. Nimfa dan imago *N. viridula* merusak tanaman dengan menusukkan stiletnya pada buah dan biji dari tanaman kemudian menghisapnya sehingga mengakibatkan kerusakan (Ewunkem et al., 2020). Serangan hama ini pada tanaman kedelai dapat mengakibatkan penurunan hasil hingga 80% bahkan dapat mengalami puso apabila tidak dilakukan pengendalian (Marwoto, 2007).

Umumnya petani di Indonesia mengendalikan hama tanaman menggunakan pestisida sintetis yang dilakukan secara intensif dan memberikan dampak negatif pada manusia maupun lingkungan. Untuk mengurangi dampak negatif penggunaan pestisida sintetis perlu dilakukan suatu cara pengendalian alternatif yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran baik pada manusia maupun lingkungan yaitu pola pengelolaan hama secara terpadu (PHT). Strategi pengendalian yang ramah lingkungan seperti penerapan agens hayati cendawan *B. bassiana* dapat dilakukan dalam menekan perkembangan hama *N. viridula* agar populasinya berada dibawah ambang ekonomi (Prayogo, 2012).

Gejala awal akibat serangan cendawan *B. bassiana* adalah serangga menjadi lemah, kepekaan dan aktivitas makan menjadi berkurang sehingga pada akhirnya serangga akan mati. Serangga yang mati akibat infeksi menunjukkan gejala berupa terdapat bercak kehitaman atau bercak berwarna gelap pada kutikula yang disebabkan oleh penetrasi cendawan pada kutikula serangga. Bila kondisi lingkungan yang cukup lembab maka pada permukaan tubuh akan ditumbuhi miselium cendawan yang berwarna putih sehingga menutupi tubuh serangga (Tantawizal et al., 2015).

B. bassiana memproduksi metabolit sekunder diantaranya *beauvericin*, *bassianin*, *bassianolide*, *beauveriolides*, *oosporein* dan *tenellin* (Saranraj dan Jayaprakash, 2017). Kandungan toksik yang dihasilkan *B. bassiana* berupa *beauvericin* merupakan antibiotik penyebab gangguan fungsi hemolimfa dan nukleus serangga yang mengakibatkan pembengkakan dan pengerasan pada serangga yang terinfeksi (Soetopo dan Iga, 2007).

Prayogo (2013), melaporkan bahwa aplikasi cendawan *B. bassiana* dengan kerapatan konidia 10^8 /ml pada *N. viridula* stadia telur yang berumur 3 hari, jumlah telur yang tidak menetas mencapai 90%, sedangkan mortalitas nimfa instar 3 pada hari ke-tiga mencapai 15%, dan pada stadia imago mencapai 3%. Selanjutnya hasil penelitian Fuad (2017) aplikasi cendawan *B. bassiana* isolat yang berasal dari lahan kedelai dengan kerapatan konidia 10^6 /ml mortalitas kepik hijau mencapai 70% pada 3 HSA.

Kemampuan cendawan entomopatogen dalam mematikan serangga hama bervariasi dan sangat dipengaruhi oleh karakter fisiologi dan genetik cendawan (Trizelia, 2005). Berdasarkan permasalahan tersebut di atas, maka perlu dilakukan penelitian uji patogenisitas cendawan entomopatogen *B. bassiana* terhadap serangga *N. viridula* pada stadia perkembangan yang berbeda. Penggunaan cendawan entomopatogen isolat lokal dipilih

karena dianggap sudah beradaptasi dengan baik pada ekosistem setempat sehingga tidak mengakibatkan gangguan terhadap keseimbangan ekologi.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hama Tumbuhan, Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan dan Laboratorium Dasar Perlindungan Tanaman Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala sejak bulan Oktober 2021 sampai Maret 2022.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Laminar Air Flow* (LAF), *petridish*, *haemocytometer*, spatula, pinset, gunting, *erlenmeyer*, jarum ose, pisau, mikropipet, bunsen, *autoclave*, *magnetic stirrer*, *vortex mixer*, *scalpel*, timbangan analitik, inkubator, stoples plastik, saringan, batang pengaduk, kamera digital, mikroskop binokuler (Swift SM-80 dan KRUSS WF10X).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *B. bassiana* isolat lokal hasil koleksi Laboratorium Dasar Perlindungan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, serangga *N. viridula*, tepung *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Chloramphenicol*, jagung pipil, kacang panjang, plastik tahan panas, *aquades*, alkohol 70%, karet gelang, *aluminium foil*, spirtus, kertas merang, kertas label dan kain kasa.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari 2 faktor yaitu konsentrasi cendawan *B. bassiana* (K) dengan empat taraf yaitu: 10^2 , 10^4 , 10^6 dan 10^8 (cfu) serta stadia perkembangan serangga (S) dengan tiga taraf yaitu: Nimfa instar II, Nimfa instar IV, dan Imago. Jumlah kombinasi perlakuan 12 dengan 2 ulangan sehingga terdapat 24 unit percobaan.

Prosedur Penelitian

Pembiakan Serangga Uji

Serangga *N. viridula* yang diperoleh dilapangan dimasukkan kedalam stoples plastik yang telah diisi kacang panjang sebagai pakan, kemudian stoples tersebut ditutup dengan kain kasa dan setiap dua hari sekali pakan diganti. Setelah imago berkopulasi dan meletakkan telur, imago tersebut dipindahkan kedalam stoples lain yang berisi bahan pakan, diamati perkembangannya dari nimfa instar II, nimfa instar IV dan imago yang akan dijadikan sebagai serangga uji.

Peremajaan cendawan *B. bassiana* pada media PDA

Tepung PDA diambil sebanyak 3,9 g dan dimasukkan kedalam *erlenmayer* sebagai wadah tempat campuran, kemudian ditambah 100 ml *aquades*. Kemudian campuran tersebut diaduk hingga homogen. Selanjutnya dimasak dan disterilkan dengan menggunakan *autoclave* selama 30 menit dengan suhu 121°C . Setelah itu *erlenmayer* dikeluarkan dari *autoclave* dan didinginkan selama 10 menit didalam LAF. Media PDA yang telah masak ditambahkan *chloramphenicol* sebanyak 15 g kemudian digoyang-goyangkan hingga larut. Selanjutnya media PDA dituangkan kedalam *Petridish* steril sebanyak ± 10 ml ditunggu hingga dingin dan padat. selanjutnya cendawan *B. bassiana* diremajakan dan ditumbuhkan pada media PDA

steril dengan cara melepas koloni cendawan menggunakan *scalpel*, setelah itu biakan cendawan diinkubasi pada suhu $\pm 24^{\circ}\text{C}$ selama 24 hari.

Perbanyak cendawan *B. bassiana* pada media jagung

Hasil peremajaan cendawan *B. bassiana* ditumbuhkan kembali pada media jagung pecah untuk memproduksi konidia dalam jumlah yang optimal. Jagung pecah ditimbang sebanyak 500 g dan dicuci hingga bersih lalu direndam selama 12 jam. Setelah 12 jam jagung pecah ditiriskan dan dimasukkan kedalam plastik tahan panas masing-masing 100g, kemudian *diautoclave* untuk proses pemasakan dan sterilisasi selama 30 menit. Setelah itu media jagung pecah diangkat dan didinginkan, kemudian dimasukkan isolat cendawan *B. bassiana* murni dari *petridish* yang telah dipotong dadu, lalu dilipat dan ditutup mulut plastik dengan karet gelang. Media jagung pecah diinkubasi dan diremas setiap harinya selama 16 hari. Setelah diinkubasi cendawan siap digunakan.

Perhitungan kerapatan konidia dan aplikasi cendawan *B. bassiana*

Perhitungan kerapatan konidia diawali dengan pengenceran berseri dimana biakan cendawan *B. bassiana* pada media jagung ditimbang sebanyak 10 g dan dimasukkan kedalam tabung reaksi lalu ditambah 90 ml *aquadesh*, sehingga diperoleh pengenceran 10^{-1} . Larutan tersebut kemudian diaduk menggunakan *vortex mixer* hingga homogen. Selanjutnya diambil 1 ml larutan yang telah homogen dan dimasukkan pada tabung reaksi untuk dicampurkan dengan 9 ml *aquadesh*. Suspensi yang telah homogen kemudian diencerkan kembali sampai diperoleh kerapatan sesuai perlakuan. Suspensi cendawan diambil 100 μl dengan menggunakan mikropipet dan ditetesi diatas *haemocytometer*, lalu ditutup dengan menggunakan gelas penutup. Perhitungan jumlah konidia dilakukan secara manual dibawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 10 x. selanjutnya kerapatan konidia dihitung menggunakan rumus (Syahnen et al., 2011).

$$S = R \times K \times F$$

Keterangan :

S = Jumlah konidia

R = Jumlah rata-rata konidia pada 5 bidang pandang

K = Konstanta ($2,5 \times 10^5$)

F = Faktor pengencer

Aplikasi pada masing-masing perlakuan dilakukan dengan cara mencelupkan serangga uji pada tiap unit perlakuan (masing-masing 10 individu serangga sesuai dengan perlakuan). Setelah dicelup serangga uji dimasukkan kedalam *petridish* yang diberi pakan kacang panjang dan ditutup. Selanjutnya diamati sesuai dengan peubah.

Peubah yang Diamati

Masa inkubasi cendawan *B. bassiana* terhadap *N. viridula* (Hari)

Masa inkubasi merupakan waktu yang dibutuhkan cendawan dalam menginfeksi tubuh serangga sampai menimbulkan gejala awal. Umumnya ditandai dengan adanya hifa putih yang tumbuh pada bagian tubuh serangga. Pengamatan masa inkubasi cendawan dilakukan sejak 1 hari setelah aplikasi (HSA) sampai munculnya gejala infeksi awal pada serangga uji.

Gejala yang ditimbulkan pada *N. viridula* yang terinfeksi cendawan *B. bassiana*

Gejala yang ditimbulkan merupakan bentuk perubahan pada serangga sebagai reaksi akibat serangan patogen. Pengamatan dilakukan dengan cara mengamati gejala yang tampak pada tubuh *N. viridula*, serta perubahan lain yang dapat diamati secara visual dimulai sejak 1 HSA sampai permukaan tubuh serangga tertutupi oleh hifa cendawan.

Mortalitas *N. viridula* (%)

Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah individu *N. viridula* yang mati, sejak 1 HSA sampai 7 HSA dengan menggunakan rumus. (Abbott, 1925 dalam Prijono, 1999) sebagai berikut :

$$Po = \frac{r}{n} \times 100 \%$$

Keterangan :

Po : Mortalitas *N. viridula*

r : Jumlah *N. viridula* yang mati

n : Jumlah keseluruhan *N. viridula*

Analisis data penelitian

Data hasil pengamatan pada setiap peubah dianalisis dengan anova, data yang menunjukkan pengaruh yang nyata pada F_{hit} , maka dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 0,05 (Gomez dan Gomez, 1995).

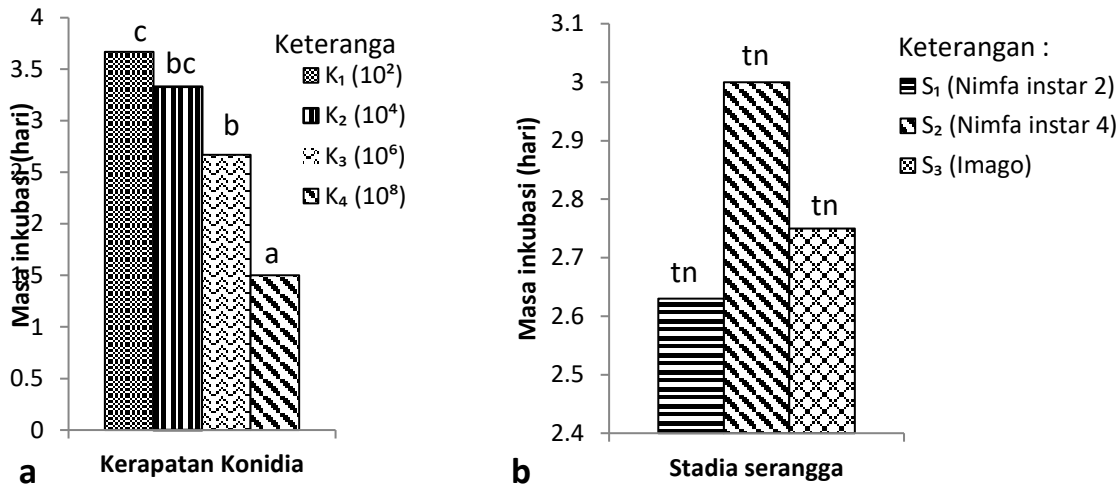
HASIL DAN PEMBAHASAN

Masa inkubasi cendawan *B. bassiana* terhadap *N. viridula*

Hasil pengamatan terhadap masa inkubasi cendawan *B. bassiana* pada stadia nimfa dan imago *N. viridula*. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa secara mandiri tingkat kerapatan konidia cendawan *B. bassiana* berpengaruh nyata terhadap masa inkubasi, tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap stadia perkembangan *N. viridula* serta tidak terdapat interaksi antara kedua faktor tersebut. Rata-rata masa inkubasi cendawan *B. bassiana* pada stadia nimfa dan imago *N. viridula* dapat dilihat pada Gambar 1 a dan b di bawah ini.

Pada Gambar 1. (a) dapat dilihat bahwa tingkat kerapatan konidia cendawan *B. bassiana* berbeda nyata terhadap masa inkubasi pada serangga *N. viridula*. Masa inkubasi pada perlakuan kerapatan konidia K_1 berbeda tidak nyata dengan K_2 tetapi berbeda nyata dengan K_3 dan K_4 . masa inkubasi yang paling cepat terdapat pada K_4 dengan kerapatan konidia 10^8 cfu yaitu pada 1,50 hari, dan terlama pada K_1 kerapatan konidia 10^2 cfu yaitu 3,67 hari. Cepat lambatnya timbul gejala awal pada tubuh serangga berkaitan dengan jumlah konidia serta kandungan toksin yang dikeluarkan oleh cendawan tersebut. Tingkat patogenisitas dan virulensi cendawan dipengaruhi oleh kandungan toksin yang dihasilkan seperti enzim *kitinase* yang dihasilkan cendawan untuk mendegradasi kutikula serangga, kemudian masuk ke dalam tubuh serangga dan mengeluarkan toksin berupa *beauvericin* yang beredar didalam *hemolymph* serangga yang mengakibatkan terhambatnya sistem peredaran darah, menghambat nafsu makan dan kemudian mati. Setelah cendawan menghabiskan nutrisi dari serangga, miselia cendawan kemudian keluar dari dalam tubuh serangga dan membentuk koloni cendawan diatas tubuh serangga yang kemudian menutupi seluruh permukaan tubuh serangga. Sesuai dengan pendapat Keswani et al. (2013) dan Bayu et al. (2021) yang menyatakan bahwa tingkat patogenisitas dan virulensi cendawan berhubungan dengan kandungan toksin dan enzim yang dihasilkan. Konidia cendawan masuk dan menginfeksi serangga melalui kutikula

serangga, sistem pencernaan, maupun sistem pernafasan serangga. Konidia yang berkecambah kemudian berkembang membentuk aporesorium dan menghasilkan enzim *kitinase*, *protenase* dan *lipase* yang berfungsi untuk mendegradasi kutikula serangga. Selain itu, cendawan *B. bassiana* menghasilkan beberapa metabolit sekunder seperti *beauvericin*, *bassianolide*, *bassianin*, *tenellin*, dan *cyclosporine A* yang bersifat insektisida, antibiotik dan sitotoksin.



Gambar 1. (a). Rata-rata masa inkubasi cendawan *B. bassiana* pada serangga *N. viridula* dengan kerapatan konidia yang berbeda. (b). Rata-rata masa inkubasi cendawan *B. bassiana* pada stadia perkembangan serangga yang berbeda. (Huruf yang sama di atas bar menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) taraf 0,05).




Selanjutnya Altinok et al. (2019) menyatakan bahwa toksin yang dihasilkan cendawan beredar didalam darah serangga (*hemolymph*) yang akhirnya mengakibatkan kematian serangga inang dengan menghambat sistem peredaran darah, menurunkan nafsu makan, dan meningkatkan pH darah. Setelah nutrisi serangga habis miselia cendawan kemudian keluar dan berkembang dengan cepat membentuk koloni yang selanjutnya akan menutupi seluruh permukaan tubuh serangga.

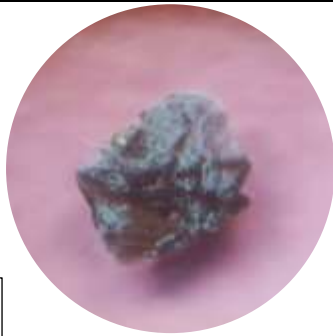
Gambar 1. (b) dapat dilihat bahwa stadia perkembangan serangga berpengaruh tidak nyata terhadap masa inkubasi cendawan *B. bassiana*, hal ini diduga berkaitan dengan interval waktu pengamatan dalam penelitian ini yang terlalu lama yaitu perhari dan imago yang digunakan baru selesai muling sehingga imago lebih peka, dan mengakibatkan masa timbul gejala awal antara serangga instar 2, instar 4 dan imago berbeda tidak nyata. Seharusnya interval waktu pengamatannya lebih singkat (per-jam) sehingga stadia perkembangan serangga akan berpengaruh terhadap masa inkubasi. Sesuai dengan pendapat Azhari et al. (2019) yang menyatakan bahwa masa inkubasi dipengaruhi oleh struktur tubuh serangga, dimana pada serangga nimfa instar muda cendawan lebih mudah berpenetrasi dan masuk kedalam tubuh serangga dibandingkan dengan imago, dikarenakan kutikula nimfa instar muda belum terbentuk sempurna, lapisan kitin masih tipis dan lunak. Husain et al. (2020) menambahkan bahwa penetrasi cendawan *B. bassiana* lebih cepat pada larva instar 2 dibandingkan dengan larva instar 5 serangga *Cadra cautella* (Ordo: Lepidoptera).

Gejala yang Ditimbulkan pada *Nezara viridula* akibat Terinfeksi Cendawan *Beauveria bassiana*

Pengamatan terhadap gejala yang ditimbulkan cendawan *B. bassiana* terhadap serangga *N. viridula* akibat terjadinya infeksi diamati sejak 1 sampai 6 HSA. Perubahan pada morfologi serangga diamati secara visual seperti perubahan warna, bentuk, serta aktivitas serangga. Berikut hasil pengamatan aplikasi cendawan *B. bassiana* pada serangga *N. viridula* stadia instar 2 dengan kerapatan konidia 10^8 cfu dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Gejala yang ditimbulkan secara visual pada *N. viridula* stadia instar 2 akibat terinfeksi cendawan *B. bassiana* pada 1 sampai 6 HSA (dibawah mikroskop dengan perbesaran 2 x 10).

Gambar	Keterangan Gambar
 <div data-bbox="212 1048 352 1111" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">1 HSA</div>	<p>Nimfa <i>N. viridula</i> instar 2 pada 1 HSA serangga mulai melambat, dan menjauhi pakan.</p>
 <div data-bbox="212 1406 352 1469" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">2 HSA</div>	<p>Nimfa <i>N. viridula</i> instar 2 pada 2 HSA tubuh serangga sudah ditumbuhi cendawan pada bagian ventral abdomen, serangga sudah tidak bergerak dan mati.</p>
 <div data-bbox="212 1765 352 1827" style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">3 HSA</div>	<p>Nimfa <i>N. viridula</i> instar 2 pada 3 HSA persebaran hifa cendawan pada tubuh serangga semakin luas, tubuh mengempis dan warna tubuh berubah menjadi coklat kehitaman.</p>



4 HSA

Nimfa *N. viridula* instar 2 pada 4 HSA tubuh serangga semakin mengempis dan mengecil, persebaran hifa cendawan telah mewakili seluruh tubuh serangga dan warnanya semakin gelap.



5 HSA

Nimfa *N. viridula* instar 2 pada 5 HSA persebaran miselia cendawan semakin banyak dan menebal pada tubuh serangga.





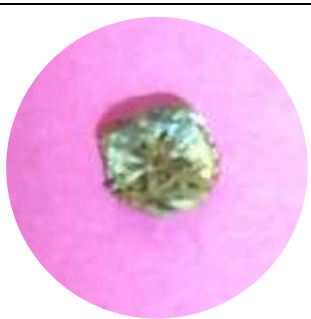


6 HSA

Nimfa *N. viridula* instar 2 pada 6 HSA sudah ditutupi miselia cendawan yang berwarna putih.

Berikut hasil pengamatan secara visual gejala yang ditimbulkan akibat aplikasi cendawan *B. bassiana* pada serangga *N. viridula* stadia instar 4 dengan kerapatan konidia 10^8 cfu dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini .

Tabel 2. Gejala yang ditimbulkan secara visual pada *N. viridula* stadia instar 4 akibat terinfeksi cendawan *B. bassiana* pada 1 sampai 6 HSA (dibawah mikroskop dengan perbesaran 2 x 10).

Gambar	Keterangan gambar
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">1 HSA</div> 	<p>Nimfa <i>N. viridula</i> instar 4 pada 1 HSA sudah mulai melambat dan menjauhi pakan namun, belum terlihat adanya hifa cendawan</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">2 HSA</div> 	<p>Nimfa <i>N. viridula</i> instar 4 pada 2 HSA tubuh serangga mulai mengempis, dan warna tubuh serangga semakin pucat.</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">3 HSA</div> 	<p>Nimfa <i>N. viridula</i> instar 4 pada 3 HSA serangga sudah mati, ukuran tubuh semakin mengempis, dan stilet serangga mulai ditumbuhi hifa cendawan.</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">4 HSA</div> 	<p>Nimfa <i>N. viridula</i> instar 4 pada 4 HSA warna tubuh menjadi kuning kehijauan dan hifa cendawan tumbuh pada segmen-segmen tubuh.</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">5 HSA</div> 	<p>Nimfa <i>N. viridula</i> instar 4 pada 5 HSA terlihat warna tubuh serangga yang berwarna kuning kehijauan berubah menjadi hijau kecoklatan dan tubuh serangga mulai ditumbuhi hifa cendawan pada bagian ovipositor serangga dan segmen-segmen abdomen serangga.</p>







Nimfa *N. viridula* instar 4 pada 6 HSA tubuh serangga dipenuhi hifa cendawan *B. bassiana* yang berwarna putih.

6 HSA

Hasil pengamatan secara visual gejala yang ditimbulkan akibat aplikasi cendawan *B. bassiana* pada serangga *N. viridula* stadia imago dengan kerapatan konidia 10^8 cfu dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Gejala yang ditimbulkan secara visual pada *N. viridula* stadia imago akibat terinfeksi cendawan *B. bassiana* pada 1 sampai 6 HSA.

Gambar	Keterangan gambar
<div data-bbox="226 1108 308 1142" data-label="Text"> <p>1 HSA</p> </div> 	<p>Imago <i>N. viridula</i> pada 1 HSA, pergerakan dan aktivitas makan masih normal.</p>
<div data-bbox="226 1393 308 1426" data-label="Text"> <p>2 HSA</p> </div> 	<p>Imago <i>N. viridula</i> pada 2 HSA, terlihat adanya perubahan warna dari hijau terang menjadi hijau pucat.</p>
<div data-bbox="226 1653 308 1686" data-label="Text"> <p>3 HSA</p> </div> 	<p>Imago <i>N. viridula</i> pada 3 HSA pada bagian ventral tubuh terlihat perubahan warna putih transparan dan serangga sudah mati.</p>
<div data-bbox="226 1951 308 1984" data-label="Text"> <p>4 HSA</p> </div> 	<p>Imago <i>N. viridula</i> pada 4 HSA, cendawan mulai tumbuh pada segmen-segmen abdomen serangga dan tubuh menjadi kaku.</p>

5 HSA		<p>Imago <i>N. viridula</i> pada 5 HSA, terlihat perubahan warna yang semakin jelas dan miselia cendawan terlihat pada beberapa bagian tubuh serangga, seperti pada bagian caput, segmen abdomen, dan segmen toraks.</p>
6 HSA		<p>Imago <i>N. viridula</i> pada 6 HSA, tubuh serangga hampir tertutupi dengan miselia cendawan</p>

Tabel 1, 2 dan 3 secara visual dapat dilihat bahwa, umumnya pada 1 HSA belum terdapat gejala awal namun sudah mulai terganggu aktifitasnya baik dalam mencari makan maupun aktivitas lainnya, sedangkan pada pengamatan 2 HSA sudah mulai timbul gejala awal pada serangga yang masih muda (nimfa) bahkan sudah mulai mati namun, pada imago belum timbul gejala awal tetapi pergerakannya sudah mulai lambat. Selanjutnya pada pengamatan 3 HSA pada tubuh nimfa instar 2 hifa cendawan sudah mulai menyebar tetapi belum merata, sedangkan pada tubuh nimfa instar 4 bagian alat mulutnya sudah ditumbuhi oleh hifa cendawan serta sudah mengalami kematian dan pada stadia imago bagian ventral tubuh berwarna putih transparan dan sudah mati. Hasil pengamatan gejala yang ditimbulkan pada 4 HSA *N. viridula* nimfa instar 2 hifa cendawan semakin banyak, ukuran tubuh semakin kecil dan warna tubuh semakin hitam pekat, pada instar 4 tubuh semakin mengempis dan terdapat hifa cendawan pada beberapa bagian tubuh serangga dan warna tubuh berubah menjadi kuning kehijauan, sedangkan pada imago, cendawan mulai tumbuh pada segmen-segmen abdomen dan tubuh menjadi kaku. Pada 5 HSA *N. viridula* stadia nimfa instar 2 terlihat tubuh serangga ditutupi oleh cendawan yang semakin banyak dan menebal, pada instar 4 terlihat warna tubuh serangga yang berwarna kuning kehijauan berubah menjadi hijau kecoklatan dan tubuh serangga mulai ditumbuhi hifa jamur pada bagian ovipositor dan segmen-segmen abdomen, sementara pada imago terlihat perubahan warna yang semakin jelas dan hifa cendawan terlihat pada bagian abdomen. Hasil pengamatan gejala yang ditimbulkan pada 6 HSA tubuh serangga *N. viridula* stadia nimfa dan imago sudah di tumbuhi miselia cendawan *B. bassiana*.

Mekanisme cendawan menginfeksi tubuh serangga ada beberapa tahap, yaitu inokulasi, germinasi, penetrasi, diseminasi dan kolonisasi. Mula-mula terjadi kontak langsung antara konidia cendawan dengan integumen serangga, selanjutnya konidia berkecambah membentuk tabung kecambah (*germ tube*), kemudian konidia yang berkecambah berkembang membentuk apresorium dan menghasilkan beberapa enzim seperti *lipase*, *kitinase* dan *protenase* yang berfungsi untuk mendegradasi lapisan integument serangga (Tantawizal et al., 2015). Cendawan kemudian melakukan penetrasi dengan membentuk blastospora pada ujung apresorium dan masuk ke dalam tubuh serangga, di dalam tubuh serangga cendawan melakukan diseminasi dengan menghasilkan toksin seperti *beauvericin*, *beauverolidae*, *bassianin*, *bassianolide*, dan *tenelin*, yang mengakibatkan peningkatan pH hemolimfa, terganggunya sistem syaraf, berkurangnya aktivitas serangga, pembengkakan dan tubuh

menjadi kaku, hingga kematian (Bayu et al., 2021). Setelah nutrisi serangga habis cendawan kemudian keluar dari dalam tubuh serangga yang mengakibatkan terlihat adanya tanda hifa yang berwarna putih pada bagian tubuh serangga. Cendawan kemudian mengkolonisasi menjadi miselia dan berakhir dengan pembentukan konidia baru sebagai organ reproduksi untuk persebaran berikutnya. Secara visual pertama terlihat hifa cendawan yang tumbuh pada bagian antena pada nimfa instar 2, kemudian pada nimfa instar 4 terdapat hifa di ujung alat mulut, sedangkan pada imago di bagian pangkal antena, selanjutnya terjadinya perubahan warna pada tubuh serangga menjadi pucat, tubuh serangga menjadi kaku dan telah mengalami kematian.

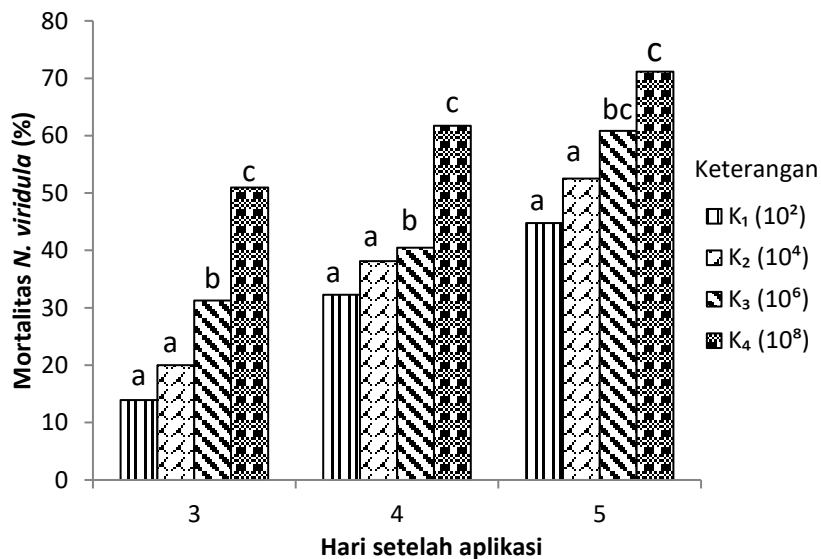
Sejalan dengan Tanada dan Harry. (1993), Tantawizal et al. (2015) dan Bayu et al. (2021) yang menyatakan bahwa infeksi pada serangga umumnya terjadi melalui integumen, kemudian konidia berkecambah dan memasuki saluran pencernaan. Luka pada saluran pencernaan mengakibatkan cairan masuk ke *haemocol* dan mengubah pH hemolimfa, menyebabkan pengurangan nutrisi, kelaparan hingga mengakibatkan kematian. Cendawan *B. bassiana* juga menghasilkan mikotoksin yang menyebabkan pembengkakan dan tubuh serangga menjadi kaku. Salah satu mikotoksin adalah *beauvericin*, yang merupakan antibiotik yang sangat beracun, dapat menghambat pembusukan yang disebabkan oleh bakteri pada tubuh serangga, sehingga cendawan dapat melakukan mumifikasi dengan baik pada tubuh serangga. Selain itu *beauvericin* juga dapat menyebabkan perubahan pada inti sel dan mempengaruhi migrasi sel pada tubuh serangga serangga. Selanjutnya Aror et al. (2017) menambahkan bahwa serangga yang terinfeksi cendawan *B. bassiana* akan mengalami pergerakan lambat, terjadi perubahan warna, tubuh mengeras seperti mummi, dan muncul hifa cendawan berwarna putih. Salbiah et al. (2013) menyatakan bahwa cendawan *B. bassiana* pertama kali muncul dari bagian alat tambahan (*apendages*) serangga seperti segmen-segmen antena, segmen kepala dengan toraks, segmen toraks dengan abdomen, dan segmen abdomen.

Mortalitas *Nezara viridula*

Hasil pengamatan terhadap mortalitas nimfa dan imago serangga *N. viridula* pada 3, 4 dan 5 HSA, hasil analisis ragam secara mandiri menunjukkan bahwa kerapatan konidia dan stadia perkembangan serangga berpengaruh nyata terhadap mortalitas serangga *N. viridula*, namun tidak terdapat interaksi antara kedua faktor tersebut. Rata-rata mortalitas serangga *N. viridula* pada stadia nimfa dan imago pada pengamatan 3, 4 dan 5 HSA dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa rata-rata mortalitas *N. viridula* akibat aplikasi kerapatan konidia cendawan *B. bassiana* pada pengamatan 3 HSA ada perbedaan yang nyata antara K_1 , K_2 dengan K_3 dan K_4 . Selanjutnya pada 4 HSA ada perbedaan yang nyata antara K_1 dengan K_3 dan K_4 tetapi berbeda tidak nyata dengan K_2 . Kemudian pada 5 HSA ada perbedaan yang nyata antara K_1 dengan K_3 dan K_4 tetapi berbeda tidak nyata dengan K_2 . Secara umum dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi kerapatan konidia cendawan maka angka mortalitas serangga semakin tinggi pada semua pengamatan. perlakuan K_4 dengan kerapatan konidia 10^8 cfu jumlah konidia lebih banyak dibandingkan dengan Perlakuan K_1 kerapatan konidia 10^2 cfu, sehingga pada perlakuan K_4 kerapatan konidia 10^8 cfu persentase mortalitas yang dihasilkan lebih tinggi. Hal ini dikarenakan pada perlakuan suspensi dengan kerapatan konidia yang tinggi memiliki kandungan enzim dan toksin yang lebih banyak sehingga peluang terjadinya kontak antara konidia dengan integumen serangga semakin tinggi. Sedangkan pada K_1 kerapatan konidia 10^2 cfu menunjukkan persentase mortalitas yang rendah, dikarenakan enzim dan toksin yang dihasilkan lebih sedikit.

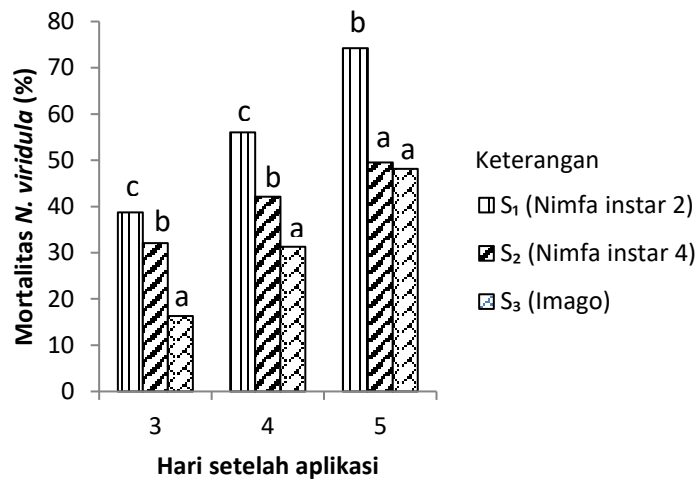
Sesuai dengan pernyataan Rustama et al. (2008) semakin banyak konidia yang melekat pada kutikula serangga maka, semakin banyak konidia yang berpenetrasi pada tubuh serangga dan semakin banyak serangga yang mati tingkat kematian semakin meningkat. Perbedaan mortalitas tiap perlakuan disebabkan karena jumlah konidia cendawan *B. bassiana* yang terkandung tiap konsentrasi. Semakin tinggi konsentrasi cendawan *B. bassiana* maka semakin pekat kandungan cendawan dan semakin tinggi kerapatan konidia didalamnya sehingga persentase kematiannya juga semakin tinggi (Salbiah et al., 2013; Nurani et al., 2018).



Gambar 2. Rata-rata mortalitas *N. viridula* akibat aplikasi cendawan *B. bassiana* pada pengamatan 3, 4 dan 5 HSA pada perlakuan kerapatan konidia (Huruf yang sama diatas bar menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) taraf 0,05).

Penetrasi cendawan dimulai dengan pertumbuhan konidia pada kutikula yang terinfeksi cendawan kemudian diikuti pembentukan apresoria dengan bantuan enzim *kitinase*, *lipase*, dan *protenase* yang dihasilkan oleh hifa cendawan (Riningrum et al., 2020). Selain itu cendawan juga menghasilkan beberapa metabolit seperti *beauvericin*, *bassianin*, *bassiacridin*, *bassianolide*, *cyclosporine* dan *tennelin* yang bersifat toksik dalam merusak sistem syaraf, bahkan mengakibatkan kematian pada serangga (Bayu et al., 2021).

Hasil penelitian Mardiana et al. (2015) aplikasi cendawan *B. bassiana* isolat lokal pada serangga *Maruca testualis* dengan beberapa konsentrasi yang berbeda yaitu 0 g/l, 10 g/l (32,8 x 10⁴ kon/ml), 20 g/l (42,4 x 10⁴ kon/ml), 30 g/l (51,2 x 10⁴ kon/ml) menunjukkan bahwa rata-rata mortalitas terbesar terdapat pada konsentrasi 30 g/l (51,2 x 10⁴ kon/ml) yaitu sebesar 86,00% dan rata-rata mortalitas terendah terdapat pada konsentrasi 0 g/l aquades yaitu 00,00%, kemudian diikuti 10 g/l (32,8 x 10⁴ kon/ml) sebesar 52,00% dan 20 /l (42,4 x 10⁴ kon/ml) sebesar 62,00%.



Gambar 3. Rata-rata mortalitas *N. viridula* akibat aplikasi cendawan *B. bassiana* pada pengamatan 3, 4 dan 5 HSA pada perlakuan stadia perkembangan serangga (Huruf yang sama diatas bar menyatakan berbeda tidak nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) taraf 0,05).

Pada Gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa rata-rata mortalitas *N. viridula* akibat aplikasi cendawan *B. bassiana* pada pengamatan 3, 4, dan 5 HSA ada perbedaan yang nyata antara S₁, S₂ dan S₃. Secara umum dapat dinyatakan bahwa rata-rata mortalitas serangga nimfa instar 2 lebih tinggi dibandingkan dengan serangga nimfa instar 4 dan imago pada setiap pengamatan. Mortalitas tertinggi terdapat pada serangga instar 2 pada 5 HSA yaitu 74,26%, kemudian diikuti stadia nimfa instar 4 dengan persentase mortalitas 49,53% dan imago sebesar 48,14%. Tinggi rendahnya mortalitas serangga dapat disebabkan oleh perbedaan stadia yang mengakibatkan perbedaan ketebalan kutikula serangga. Kutikula serangga instar muda lebih tipis dan belum terbentuk sempurna dibandingkan dengan kutikula serangga dewasa sehingga mempengaruhi cendawan dalam melakukan proses penetrasi. Tanada dan Harry (1993) menyatakan bahwa penetrasi cendawan terhadap serangga tergantung pada sifat kutikula serangga, ketebalannya, kandungannya, dan adanya zat anti cendawan.

Tingginya mortalitas serangga *N. viridula* nimfa instar 2 dibandingkan serangga nimfa instar 4 dan imago diduga berhubungan dengan struktur tubuh serangga dimana struktur integumen serangga nimfa instar muda lebih lunak dan lentur dibandingkan nimfa instar tua. Sejalan dengan hasil penelitian Prayogo (2012) menyatakan bahwa struktur integumen serangga nimfa instar muda *N. viridula* lebih lentur dibandingkan serangga nimfa instar tua dikarenakan, lapisan lilin atau lipid serangga nimfa instar muda belum optimal sehingga konidia cendawan yang sudah berkecambah tidak banyak mengalami hambatan dibandingkan serangga instar tua maupun imago. Peran lipid pada lapisan kutikula serangga sebagai anti cendawan dan faktor penghalang dalam proses penetrasi konidia cendawan (Lecuona et al., 1997).

SIMPULAN DAN SARAN

Semakin tinggi tingkat kerapatan konidia cendawan *B. bassiana* yang diaplikasikan, maka semakin cepat timbulnya gejala *white muscardine* pada serangga *N. viridula* di laboratorium. Kerapatan konidia 10^8 cfu pada 2 HSA serangga sudah mati dan tubuh sudah ditumbuhi cendawan *B. bassiana* pada nimfa instar 2. Tingkat kerapatan konidia cendawan *B. bassiana* berpengaruh nyata terhadap masa inkubasi tetapi, berpengaruh tidak nyata terhadap stadia perkembangan serangga. Stadia perkembangan serangga berpengaruh nyata terhadap mortalitas serangga *N. viridula* akibat aplikasi cendawan *B. bassiana*, semakin muda stadia perkembangan serangga maka persentase mortalitasnya semakin tinggi. Rata-rata mortalitas serangga *N. viridula* pada nimfa instar 2 sebesar 74,26% sementara pada imago 48,14% pada pengamatan 5 HSA. Semakin tinggi tingkat kerapatan konidia cendawan *B. bassiana* yang diaplikasikan, maka persentase mortalitas *N. viridula* semakin tinggi. Kerapatan konidia 10^8 cfu cendawan *B. bassiana* menghasilkan rata-rata mortalitas sebesar 71,13%, sementara pada kerapatan konidia 10^2 cfu menghasilkan rata-rata mortalitas 44,75% pada 5 HSA. Cendawan *B. bassiana* berpotensi sebagai agens hayati dalam mengendalikan serangga hama *N. viridula* yang berwawasan lingkungan. Untuk mendapatkan data masa inkubasi yang lebih akurat, sebaiknya pengamatan terhadap masa inkubasi dilakukan dengan interval waktu yang lebih singkat (jam).

DAFTAR PUSTAKA

- Altinok, H. H., A. A. Mahmut., dan S. K. Abdurrahman., 2019. Modes of Action of Entomopathogenic Fungi. *Current Trends in Natural Sciences*, 8(16): 117-124.
- Aror, A. P. F., 2017. Pemanfaatan Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin terhadap Larva *Plutella xylostella* (L.) di Laboratorium. Skripsi. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Azhari. A. A., S. Muhammad., dan Hasnah., 2019. Patogenesis Cendawan *Metarhizium anisopliae* (Metsch) dalam Mengendalikan Kepik Hijau (*N. viridula*) pada Stadia Perkembangan yang Berbeda di Laboratorium. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 4(2): 178-187.
- Bayu, M. S. Y. I., P. Yusmani., dan W. I. Sri., 2021. *Beauveria bassiana*: Biopestisida Ramah Lingkungan dan Efektif untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman. *Beauveria bassiana: The Eco-friendly and Effective Biopesticide to Control Pest and Plant Diseases*. *Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Buletin Palawija*, 19(1): 41-63.
- Ewunkem, A. J., O. S. Henry., N. D. Beatrice., G. Sudan., dan E. J. Louis., 2020. Nutritional Ecology of the Southern Green Stink Bug *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) on Selected Varieties of Cowpea and Tomato. *American Journal of Entomology*, 4(1): 1-9.
- Fuad, C., 2017. Efektivitas Tiga Jenis Cendawan Entomopatogen Isolat Lokal Terhadap Perkembangan Hama Penghisap Polong Kedelai *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae). Tesis. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Gomez, K. A. dan A. A. Gomez., 1995. Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian. Alih Bahasa: Syamsuddin and J.S. Baharsyah. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Husain, M., R. Khawaja., S. A. Abdulrahman, dan T. Muhammad., 2020. Entomopathogenicity of *Beauveria bassiana* Against Immature Life Stages of Almond

- Moth, *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Article in Pakistan Journal of Agricultural Research*:1-6.
- Keswani, C., P. S. Surya., dan B. S. Harikesh., 2013. *Beauveria Bassiana*: Status, Mode of Action, Applications and Safety Issues. *Biotech Today*, 3(1): 1-9.
- Kumalasari, D., A. Aminudin., dan A. C. Fery., 2016. Isolasi Jamur Patogen Serangga Filoplan Cabai Merah Keriting (*Capsicum annuum* Linnaeus) dan Uji Virulensi terhadap *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *Jurnal HPT*, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, 4(3) : 115 -124.
- Lecuona, R., C. Jean-luc., R. Guy., J. Catherine, dan J. Patricia., 1997. Spore Germination and Hyphal Growth of *Beauveria* sp. on Insect Lipids. *Biological and Microbial Control*, 9(1): 119-123.
- Mardiana, Y., S. Desita., dan J. H. Laoh., 2015. Penggunaan Beberapa Konsentrasi *Beauveria bassiana* Vuillemin Lokal untuk Mengendalikan *Maruca testulalis* Geyer pada Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.). *Jom Faperta*, 2(1): 1-11.
- Marwoto. 2007. Dukungan Pengendalian Hama Terpadu dalam Program Bangkit Kedelai. *Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balitkabi*, 2(1): 79-92.
- Nurani, A. R., I. S. Putu., dan N. D. Ni., 2018. Uji Epektifitas Jamur *Beauveria bassiana* Bals. terhadap Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) pada Tanaman Tembakau. *E –Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 7(1): 11-23.
- Pertiwi, S. P., H. Rosmana, dan W. Lestari., 2016. Pengaruh Jenis Formulasi Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap Pertumbuhan Spora dan Kematian Kutu Daun Kedelai (*Aphis glycines* Matsumura). *J. Agrotek Tropika*, 4(1): 55 - 61.
- Prayogo, Y., 2012. Toksisitas Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap Kepik Hijau *Nezara viridula* (L.). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi: Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi Umbian*. Malang. 211-222.
- Prayogo, Y., 2013. Patogenisitas Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) pada Berbagai Stadia Kepik Hijau (*Nezara viridula* L.). *Jurnal HPT Tropika, Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi umbian*. Malang. 13(1): 75 - 86.
- Prijono, D., 1999. Pengembangan dan Pemanfaatan Insektisida Alami. Pusat Kajian Pengendalian Hama Terpadu. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Riningrum, R. A. F., Nadrawati., dan T. Edhi., 2020. Uji Konsentrasi Cendawan *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill Terhadap Mortalitas Kepik Polong (*Riptortus linearis* F.) pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 22(1): 9 - 15.
- Rustama, M. M., Melanie., dan I. Budi., 2008. Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* terhadap *Crociodolomia pavonana* Fab. dalam Kegiatan Studi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Kubis dengan Menggunakan Agensi Hayati. *Lembaga Penelitian Universitas Padjajaran*. Bandung.
- Salbiah, D., J. H. Laoh., dan Nurmayani., 2013. Uji Beberapa Dosis *Beauveria bassiana* Vuillemin terhadap Larva Hama Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera; Scarabidae) pada Kelapa Sawit. *Jurnal Teknobiologi*, 4(2): 137 - 142.
- Saranraj, P., dan A. Jayaprakash., 2017. Agrobenevolent Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana*: a Review. *Indo – Asian Journal of Multidisciplinary Research (IAJMR)*, 3(2): 1052 - 1087.

- Soetopo, D., dan I. Iga., 2007. Status Teknologi dan Prospek *Beauveria bassiana* untuk Pengendalian Serangga Hama Tanaman Perkebunan yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat*, (6)1: 29 - 46.
- Syahnen., D. N. S. Desianty., dan E. Br-P. Sry., 2011. Teknik Uji Mutu Agens Pengendali Hayati (APH) di Laboratorium. Medan: Laboratorium Lapangan Balai Besar Penelitian dan Proteksi Tanaman Perkebunan.
- Tanada, Y., dan K. K. Harry., 1993. *Insect Pathology*. Academic Press, inc. New York.
- Tantawizal., I. Alfi., dan P. Yusmani., 2015. Potensi Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin untuk Mengendalikan Hama Boleng *Cylas formicarius* F. pada Tanaman Ubi Jalar. *Buletin Palawija*, 29: 46 - 53.
- Trizelia. 2005. Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana*: Keragaman Genetik, Karakterisasi Fisiologi dan Virulensinya terhadap *Crocidolomia pavonana*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.