

Efektivitas Bioinsektisida untuk Mengendalikan Larva Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros*) pada Cacahan Batang Kelapa Sawit

Reza Hardi Ramadhani*), Idum Satya Santi, Samsuri Tarmadja
Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian INSTIPER Yogyakarta
*)Email Korespondensi : hr.reza02@gmail.com

ABSTRAK

Kumbang tanduk merupakan salah satu hama yang menyerang tanaman kelapa sawit. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan efektivitas bioinsektisida untuk mengendalikan larva kumbang tanduk pada dosis yang berbeda. Penelitian dilaksanakan di PT. PP. London Sumatra Indonesia, Tbk. Kebun Kali Tawang Estate yang terletak di Desa Kali Tawang, Kecamatan Tanjung Morawa, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Penelitian dilakukan mulai bulan Januari - Maret 2025. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap non faktorial (RAL) dengan 2 faktor perlakuan yaitu jenis insektisida dan dosis aplikasi. Faktor pertama adalah jenis bioinsektisida *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Steinernema* spp., dan diberi pembanding insektisida kimiawi Fipronil dan Karbofuran. Faktor kedua adalah dosis yaitu 3,4 kg/ha; 4,2 kg/ha; 5,1 kg/ha. Aplikasi dilakukan pada cacahan batang kelapa sawit. Hasil penelitian membuktikan bahwa infeksi *Steinernema* spp. lebih tinggi dari pada *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana*, tetapi mortalitas *Beauveria bassiana* lebih tinggi dari pada *Metarhizium anisopliae* dan *Steinernema* spp., dosis 3,4 kg/ha sudah memiliki presentase infeksi yang tinggi.

Kata Kunci : *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Steinernema* spp., larva kumbang tanduk(*Oryctes rhinoceros*)

PENDAHULUAN

Kelapa sawit adalah produk unggulan utama yang berperan penting dalam suatu sistem ketahanan ekonomi nasional. Berdasarkan catatan Badan Pusat Statistik (BPS), pada Bulan Juni 2023, nilai ekspor subsektor perkebunan mengalami peningkatan 45,34% dari pada Mei sampai Juni 2023, nilai ekspor perkebunan mencapai 242,34 triliun rupiah, dengan kelapa sawit adalah komoditas terbesar dalam penyumbang ekspor bagian penting perkebunan yaitu sebesar 75,03% dan terbesar untuk total ekspor sektor pertanian yaitu sebesar 70,35% (Ditjenbun, 2023).

Kelapa sawit merupakan produk pertanian komersial utama yang menghasilkan oleokimia untuk produk makan dan bahan bakar. Di samping itu, kelapa sawit adalah bahan dasar untuk pembuatan sabun, pembuatan lilin, produksi lembaran timah, dan industri kosmetik. Usaha budidaya kelapa sawit adalah peluang bisnis perkebunan yang sangat menguntungkan. Minyak sawit sangat berguna mulai dari sektor makanan hingga sektor kimia (Lubis & Widanarko, 2011).

Adanya faktor penghambat dalam perkembangan kelapa sawit ialah serangan hama pada tanaman dari tahap pembibitan, tanaman belum berproduksi, hingga tanaman yang sudah berproduksi. Adapun jenis hama yang perlu diperhatikan adalah kumbang bertanduk. (Pujiastuti *et al.*, 2010). Beragam upaya pengendalian juga telah dilakukan seperti

mengumpulkan dan memungut larva-larva *Oryctes rhinoceros*, penggunaan feromon serta pengendalian dengan insektisida. Cara mengendalikan hama yang sering digunakan ialah insektisida kimiawi, akan tetapi penggunaannya kini sudah mulai diminimalisir (Rini *et al.*, 2020).

Penggunaan insektisida yang berlebihan dan tidak teratur sering kali meningkatkan risiko keracunan insektisida pada pengguna. Sisa insektisida bisa muncul akibat dosis insektisida yang berlebihan, durasi paparan yang lama, serta faktor-faktor yang mempengaruhi paparan seperti minimnya penggunaan alat pelindung diri (Hohenadel *et al.*, 2011). Pemanfaatan organisme entomopatogen seperti jamur, virus, bakteri, nematoda dan protozoa sebagai pengendalian alami dapat digunakan sebagai alternatif yang efektif karena memiliki kemampuan tinggi dalam menyerang hama yang ditargetkan serta dapat mengurangi jumlah hama dalam periode yang lama, cukup ekonomis dan ramah lingkungan (Sihombing *et al.*, 2014). Cendawan yang umum dipakai sebagai bioinsektisida dari jenis entomopatogen. Jamur entomopatogen adalah sejenis jamur yang dapat menginfeksi larva serangga dengan cara kerjanya yaitu memasuki tubuh inangnya melalui kutikula, saluran anus, saluran pernapasan, dan lubang-lubang lainnya. Spora cendawan yang menempel pada kutikula serangga berbagai tipe jamur entomopatogen yang telah teridentifikasi sebagai pengendali yang efektif terhadap hama penting tanaman adalah *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Aspergillus parasiticus*, dan *Verticillium lecanii* (Herdatiarni *et al.*, 2014). Nematoda juga dapat digunakan sebagai pengendalian hayati alternatif dengan memanfaatkan jenis nematoda entomopatogen, Nematoda entomopatogen termasuk kelompok nematoda saprofitik. Jenis nematoda entomopatogen yang telah berhasil dikembangkan untuk mengendalikan hama antara lain *Steinernema* spp., Jenis nematoda ini termasuk famili Steinernematidae, sub ordo Rhabditina dan ordo Rhabditida (Wagiman *et al.*, 2003).

Hasil penelitian bioinsektisida Jamur *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* dengan dosis perkakuan 40 g/l dengan 3 kali ulangan pada larva di tandan kosong kelapa sawit menunjukkan hasil yang samanya efektifnya dalam mengendalikan larva instar 3 hama kumbang tanduk, serta memiliki laju infeksi yang sama besarnya yaitu 17 hari, namun *Metarhizium anisopliae* memiliki laju infeksi lebih tinggi dan juga memiliki mortalitas yang lebih besar dibandingkan *Beauveria bassiana* (Magfira *et al.*, 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di PT. PP. London Sumatra Indonesia, Tbk. Kebun Kali Tawang Estate yang terletak di Desa Kali Tawang, Kecamatan Tanjung Morawa, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Penelitian ini dilakukan mulai bulan Januari - Maret 2025. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah masker, tisu, timbangan elektrik, gelas ukur, parang, *sprayer*, ember, meteran, plastik klip, toples kecil, bambu saringan, buku, dan pulpen. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: larva kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*), *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Steinernema* spp., Fipronil, Karbofuran, cacahan batang kelapa sawit, dan air bersih.

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah jenis bioinsektisida *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Steinernema* spp., dan diberi pembanding insektisida kimiawi Fipronil dan Karbofuran. Faktor kedua adalah dosis yaitu 3,4 kg/ha, 4,2 kg/ha, 5,1 kg/ha. Dosis ditentukan dengan mencari luas area yang akan diaplikasi, area yang di aplikasi adalah gawangan mati tempat cacahan batang kelapa sawit dikumpulkan pada areal replanting dengan lebar 3 m x panjang 300 m = 900 m², luas plot gawangan mati yang akan

diaplikasi memiliki lebar 3 m x panjang 7 m = 21 m², dan aplikasi dosis per plot terdiri dari 80 gr/21 m², 100 gr/21 m², 120gr/21 m², sehingga diperoleh dosis aplikasi per hektar $\frac{900}{21} \times 80 = 42,8 \times 80 = 3.424$ (3,4 kg/ha), $\frac{900}{21} \times 80 = 42,8 \times 100 = 4.280$ (4,2 kg/ha), $\frac{900}{21} \times 80 = 42,8 \times 120 = 5.136$ (5,1 kg/ha). Dari kedua faktor tersebut diperoleh 3 x 5 = 15 kombinasi perlakuan, setiap kombinasi perlakuan diulangan sebanyak 3 kali sehingga diperoleh jumlah perlakuan dalam penelitian 15 x 3 = 45 plot. Data dianalisis dengan sidik ragam (anova) pada jenjang nyata 5% apabila terdapat beda nyata dilanjutkan dengan uji DMRT pada jenjang 5%. Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan beberapa tahap:

1. Persiapan bahan

Bioinsektisida dan insektisida kimia yang didapat dari toko online, serta cairan suspensi nematoda yang diperbanyak di laboratorium disiapkan berdasarkan dosis perlakuan yang dipakai untuk penelitian, untuk bahan yang berbentuk bubuk dan granul di takar menggunakan timbangan elektrik dan dimasukkan kedalam plastik klip, untuk bahan yang berbentuk cair ditakar menggunakan gelas ukur dan dimasukkan kedalam toples kecil.

2. Persiapan plot penelitian

Ditentukan sebanyak 45 plot dari gawangan mati sepanjang 300 m yang di beri jarak 50 m dari jalan dengan ukuran tiap plot 3 m x 7 m, tiap plot diberi batas plot kosong dengan ukuran yang sama di gawangan mati tempat cacahan batang kelapa sawit, setiap plot diberi penanda menggunakan bambu yang diberi label sesuai layout penelitian.

3. Aplikasi bioinsektisida

Siapkan ember berisi air bersih sebanyak 4 liter, lalu masukkan bahan yang sudah disiapkan kedalam ember dan aduk larutan sampai homogen, selanjutnya larutan di masukkan ke dalam sprayer yang berkapasitas 5 liter dan disaring untuk memastikan bahan campuran bioinsektisida dan insektisida terpisah dan tidak menyumbat sprayer, kemudian larutan disemprotkan ke permukaan cacahan batang kelapa sawit.

4. Pengamatan larva kumbang tanduk

Pengamatan dilakukan sebanyak 2 kali yaitu, pengamatan pertama 1 bulan setelah aplikasi, dan kedua 1 bulan 2 minggu setelah aplikasi, pengamatan dilakukan dengan cara membongkar cacahan batang kelapa sawit secara manual untuk melihat larva yang sehat, larva terinfeksi, dan yang mati untuk selanjutnya dikumpulkan dan dicatat sebagai data pengamatan sesuai parameter penelitian.

Parameter Pengamatan dilakukan dengan cara mencatat Jumlah larva, ada berapa ekor larva sehat, larva terinfeksi dan larva mati (mortalitas) setelah dilakukan aplikasi bioinsektisida, pengamatan pertama dilakukan 1 bulan setelah aplikasi dan pengamatan kedua dilakukan 1 bulan 2 minggu setelah aplikasi.

1. Persentase infeksi larva

Pengamatan dilakukan dengan cara melihat ciri- ciri larva yang terinfeksi yang dilihat dari gerakan larva yang berubah menjadi lambat, larva mengeluarkan kotoran melalui anus, timbulnya bercak coklat di kutikula, tubuh larva mengeras, terjadi perubahan warna kulit menjadi putih kehijauan pada larva yang di infeksi *metarhizium anisopilae*, putih kekuningan pada larva yang di infeksi *Beauveria bassiana* yang menandakan larva tersebut telah terinfeksi jamur entomopatogen. Sedangkan ciri larva yang mengalami infeksi nematoda entomopatogen memiliki ciri yang hampir sama, yang membedakan adalah larva terinfeksi *steinernema* spp. kutikula larva berubah warna putih kecoklatan tetapi larva berteskstur lunak

dan larva yang bergerak aktif adalah larva sehat. Presentase infeksi larva dihitung dengan rumus yang digunakan (Wahyono & Tarigan 2007).

$$\text{presentase infeksi} = \frac{\text{Jumlah infeksi}}{\text{Jumlah larva diamati}} \times 100\%$$

2. Presentase mortalitas larva

Pengamatan dilakukan dengan cara melihat ciri- ciri larva yang mati disebabkan oleh jamur entomopatogen adalah, kutikula berubah menjadi warna coklat kehitaman, tidak ada respon otot tubuh dari larva, tubuh mengalami penyusutan yang menandakan larva tersebut telah mengalami kemati dan memumifikasi. Larva yang mati akibat infeksi nematoda entomopatogen adalah yang sudah tidak ada respon otot tubuh, warna kutikula berubah warna menjadi coklat tua, tubuh larva melunak akibat dipenuhi cairan, dan lama kelamaan tubuh larva akan mengering akibat pengaruh lingkungan namun terjadi proses mumifikasi. Presentase mortalitas larva dihitung dengan rumus yang digunakan (Wahyono & Tarigan 2007).

$$\text{presentase mortalitas} = \frac{\text{Jumlah mortalitas}}{\text{Jumlah larva diamati}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Presentase Infeksi Larva

Hasil sidik ragam infeksi kumbang tanduk menunjukkan bahwa aplikasi bioinsektisida dan kedua faktor perlakuan menunjukkan hasil yang sama baiknya terhadap infeksi larva kumbang tanduk. Hasil uji DMRT disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Efektivitas berbagai jenis bioinsektisida dan dosis terhadap efektivitas infeksi larva kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*) (%).

Jenis Bioinsektisida	Dosis Bioinsektisida			Rerata
	3,4	4,2	5,1	
<i>Metarhizium anisopliae</i>	33,17	24,26	23,72	27,05 p
<i>Beauveria bassiana</i>	25,69	24,92	27,64	26,08 p
<i>Steinernema</i> spp.	28,34	24,26	31,98	28,19 p
Fipronil	41,58	26,41	27,01	31,67 p
Karbofuran	31,47	30,45	24,81	28,91 p
Rerata	32,05 a	26,06 b	27,03 b	(-)

Keterangan :Rerata perlakuan yang diikuti huruf sama pada baris atau kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT jenjang 5%

(-) Tidak ada interaksi.

Tabel 1 menunjukkan bahwa dosis 3,4 kg/ha sudah efektif untuk menginfeksi larva, pada dosis 4,2 kg/ha dan 5,1 kg/ha infeksi larva kumbang tanduk memiliki hasil yang sama tingginya. Perlakuan aplikasi jenis bioinsektisida memiliki hasil yang sama baiknya, namun terdapat salah satu perlakuan dengan hasil yang lebih tinggi yaitu *Steinernema* spp. dengan persentase sebesar 28,19 %. Hal itu dipengaruhi karena adanya lingkungan yang sesuai untuk nematoda *Steinernema* spp. dalam mencari sumber inang atau makan untuk bertahan hidup dan berkembang biak. Nematoda ini sendiri memang di eksplorasi dari area perakaran tanaman kelapa sawit, dan memang nematoda ini sendiri memiliki habitat di area perakaran dan tanah di sekitar tanaman sebagai tempat menjalankan siklus hidupnya. Penggunaan *Steinernema* spp. lebih efisien untuk mengendalikan hama yang ada di area pertanian dan yang hidup di bagian bawah tumbuhan sepanjang siklus

hidupnya. *Steinernema* spp. tidak sangat efisien dalam mengontrol hama yang ada pada kanopi tanaman (Prabowo & Indrayani, 2009). Mikroorganisme ini dapat diproduksi dalam jumlah besar dan diracik sebagai bioinsektisida, cocok dengan berbagai bioinsektisida lainnya, serta memiliki spektrum target inang yang luas dalam kelas Insecta di berbagai habitat (Chaerani *et al.*, 2018).

Nematoda ini memiliki satu fase kehidupan yang mandiri dengan satu peran untuk menginfeksi inang. Setelah inangnya diperoleh, juvenil infektif (JI) menyusup ke dalam haemocoel dan mengeluarkan bakteri simbiosis yang memproduksi racun yang menginfeksi inang dalam 24-48 jam. Bakteri berkembang dan menciptakan keadaan ideal yang diperlukan untuk reproduksi nematoda. Mortality yang cepat ini memungkinkan nematoda untuk memanfaatkan berbagai inang dan meliputi hampir seluruh ordo serangga. Nematoda ini telah dipisahkan dari populasi alamnya di Indonesia (Baliadi *et al.*, 2011).

Larva yang di infeksi nematoda entomopatogen memiliki gejala seperti gerak melambat, tidak memiliki nafsu makan, larva mengeluarkan kotoran melalui anus dan mulut, dan larva yang terinfeksi kutikula akan berubah kecoklatan. Larva yang terinfeksi jamur entomopatogen memiliki gejala yang hampir sama seperti gerakan larva yang berubah menjadi lambat, tidak memiliki nafsu makan, mengeluarkan kotoran melalui anus dan mulut, terjadi perubahan warna kulit menjadi putih kehijauan dan kekuninga, dan timbulnya bercak coklat di kutikula larva. Sedangkan larva yang sehat masih bergerak aktif, memiliki nafsu makan, dan kutikula masih berwarna putih.

Gambar 1 menunjukkan ciri fisik larva terinfeksi *Metarhizium anisopliae* B dan *Beauveria bassiana* B terjadi perubahan warna kulit menjadi putih kehijauan serta kekuningan, tubuh larva menjadi kaku, dan timbulnya bercak coklat di kutikula larva yang menandakan larva tersebut telah terinfeksi jamur entomopatogen. Sedangkan ciri larva yang mengalami infeksi nematoda entomopatogen memiliki ciri yang hampir sama, yang membedakan adalah larva terinfeksi *steinernema* spp. B berubah warna putih kecoklatan tetapi larva berteskstur lunak dan larva A yang bergerak aktif adalah larva sehat.



Gambar 1. Ciri-ciri larva kumbang tanduk yang mengalami infeksi, gambar A. larva sehat; B. larva terinfeksi

Efektif atau tidaknya entomopatogen di lapang juga ditentukan dari stadia inang pada saat cendawan diaplikasikan. Berubahnya stadia instar hama dapat berpengaruh pada hama tersebut yang nantinya akan menentukan keefektifan cendawan. Faktor yang dapat mendukung terjadinya infeksi jamur entomopatogen pada larva dipengaruhi oleh lingkungan dan proses ganti kulit larva pada serangga uji (Falah *et al.*, 2024). Larva nematoda stadium tiga yang hidup bebas di luar inang. merupakan satu-satunya stadium yang mampu menginfeksi serangga inang, stadium ini disebut Juvenil Infektif (JI). *Steinernema* spp. memiliki kisaran inang yang luas, diantaranya ordo Lepidoptera, Coleoptera (Wagiman *et al.*, 2003).

B. Presentase Mortalitas Larva

Hasil sidik ragam mortalitas kumbang tanduk menunjukkan bahwa aplikasi bioinsektisida dan kedua faktor perlakuan menunjukkan hasil yang sama baiknya terhadap mortalitas larva kumbang tanduk Hasil uji DMRT disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Efektivitas berbagai jenis bioinsektisida dan dosis terhadap efektivitas mortalitas larva kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*) (%).

Jenis Bioinsektisida	Dosis Bioinsektisida			Rerata
	3,4	4,2	5,1	
<i>Metarhizium anisopliae</i>	66,83	69,81	74,31	70,32 p
<i>Beauveria bassiana</i>	72,64	72,85	72,36	72,62 p
<i>Steinernema</i> spp.	71,65	66,48	66,05	68,06 p
Fipronil	54,50	71,61	69,06	65,06 q
Karbofuran	68,53	68,23	71,48	69,41 p
Rerata	66,83 a	69,80 a	70,65 a	(-)

Keterangan :Rerata perlakuan yang diikuti huruf sama pada baris atau kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT jenjang 5%

(-) Tidak ada interaksi.

Tabel 2 menunjukkan bahwa baik bioinsektisida maupun insektisida kimiawi sama efektifnya dalam membunuh larva, kecuali fipronil. Namun terdapat salah satu perlakuan dengan mortalitas yang lebih tinggi yaitu *Beauveria bassiana* dengan persentase sebesar 72,62 %. Jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* memiliki tingkat mortalitas yang lebih tinggi dibandingkan jamur *Metarhizium anisopliae* dan nematoda *Steinernema* spp., hal ini disebabkan oleh semakin tingginya konsentrasi jamur *Beauveria bassiana*, yang mengakibatkan tingkat kematian larva meningkat, karena jumlah konidia yang lebih banyak berarti lebih banyak konidia yang bersentuhan dengan tubuh larva, sehingga meningkatkan kemungkinan infeksi (Harun *et al.*, 2022). Pertumbuhan jamur *Beauveria bassiana* sebagai pengendalian hayati serangga biasanya dipengaruhi oleh tiga unsur utama yang berkaitan, yaitu patogenensis jamur itu sendiri, ekologi, dan sumber makan. Efektivitas spora jamur entomopatogen dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, pH, penyinaran, serta zat kimia seperti unsur nutrisi larva inang (Sitinjak, 2018).

Proses kerja jamur entomopatogen ini adalah spora *Beauveria bassiana* masuk ke dalam tubuh serangga inang melalui kulit, saluran pencernaan, spirakel, dan lubang lainnya. Selain itu, inokulum jamur yang menempel pada tubuh serangga inang dapat bertumbuh dan berkembang menjadi tabung kecambah, kemudian menerobos kutikula tubuh serangga. Penetrasi dilakukan dengan cara mekanis dan/atau kimia dengan mengeluarkan enzim atau racun (Ikawati *et al.*, 2017). Jamur entomopatogen adalah jamur yang sering dimanfaatkan sebagai bioinsektisida dalam pertanian organik karena memiliki efektivitas tinggi dan ramah lingkungan (Litwin *et al.*, 2020).

Ciri-ciri larva yang mati disebabkan oleh jamur entomopatogen ada pada gambar 2 yang semula kecoklat muda dan larva cenderung pasif dan terinfeksi yang ditunjukkan oleh *Metarhizium anisopila* B dan *Beauveria bassiana* B, akan berubah menjadi warna coklat kehitaman dan tubuh dari larva akan mengalami penyusutan yang menandakan larva tersebut telah mengalami kemati seperti pada gambar 2 *Metarhizium anisopila* B dan *Beauveria bassiana* B, sedangkan larva yang masih sehat adalah pada larva A.

Sedangkan pada nematoda entomopatogen memiliki ciri yang hampir sama dengan jamur entomopatogen, larva yang terinfeksi akan berubah kecoklatan seperti *steinernema* spp B, namun ketika larva sudah mati akan mengering dan berubah menjadi warna coklat tua namun tidak terjadi proses mumifikasi pada larva yang terserang nematoda entomopatogen.

Larva yang mati akibat jamur entomopatogen memiliki ciri fisik seperti, kutikula menjadi coklat kehitaman, tidak ada respon otot tubuh, tubuh larva mengalami penyusutan, dan mengalami proses mumifikasi. Larva yang mati akibat infeksi nematoda entomopatogen adalah yang sudah tidak ada pergerakan, warna kutikula berubah warna menjadi coklat tua dan larva mengering, namun tidak terjadi proses mumifikasi.



Gambar 2. Ciri-ciri larva kumbang tanduk yang mengalami mortalitas, gambar A. larva sehat; B. larva terinfeksi; C. larva mati.

Mekanisme infeksi jamur entomopatogen pada serangga secara enzimatik dan kimia akan menyebabkan terjadinya kenaikan pH darah, penggumpalan darah dan terhentinya peredaran darah pada serangga sehingga akan menyebabkan kematian larva (Salbiah *et al.*, 2013). Jamur entomopatogen menyerang tubuh inang dan menyerap cairan dari tubuh inang. Jamur tersebut tumbuh dari tubuh inang dan menghasilkan spora yang menyebabkan tubuh inang menjadi kaku (Rosmayuningsih *et al.*, 2014). Mekanisme patogenitas nematoda entomopatogen melalui bakteri yang berasosiasi dalam fase juvenil infeksi sehingga mampu membunuh serangga hama. Kematian disebabkan oleh racun yang dikeluarkan oleh bakteri simbiosis dengan cara merusak sel darah serangga (Fatimatus & Suryaminarsih, 2023).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Infeksi *Steinernema* spp. lebih tinggi dari pada *Metarhizium anisopliae*, dan *Beauveria bassiana*, tetapi mortalitas *Beauveria bassiana* lebih tinggi dari pada *Metarhizium anisopliae*, dan *Steinernema* spp.
2. Dosis 3,4 kg/ha sudah memiliki presentase infeksi yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Baliadi, Y., Sastrahidayat, I. R., Djauhari, S., & Rahardjo, B. T. (2011). Pathogenicity, Development and Reproduction of The Entomopathogenic Nematode *Steinernema* sp., In Mealworm *Tenebrio molitor*. *Agrivita*, 33(3), 233–244.
- Chaerani, & Nurbaeti, B. (2006). Efektivitas Nematoda Patogenik Serangga (Rhabditida: *Steinernema* dan Heterorhabditis) Terhadap Penggerek Batang Padi Putih (*Scirpophaga innotata*). *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 12(2), 92–103.
- Ditjenbun. (2023). Peluang Rantai Pasok Industri Bio Diesel melalui Kemitraan Petani Sawit. Direktorat Jendral Perkebunan.
- Falah, M. F., Sukorini, H., Septia, E. D., Roeswitawati, D., & Fahmi, I. Z. (2024). Test of Entomopathogenic Fungus *Metarhizium rileyi* on Mortality of Main Pets of Cabbage

- (*Brassica oleracea* var *capitata*). *Journal of Global Sustainable Agriculture*, 5(1), 84–92. <https://doi.org/10.32502/jgsa.v5i1.303>
- Fatimatus, S. S., & Suryaminarsih, P. (2023). Faktor Efektivitas Penggunaan Nematoda Entomopatogen. *Exact Papers in Compilation*, 5(1), 30–34.
- Harun, Y., Parawansa, A. K., & Haris, A. (2022). Kajian Patogenensis *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium* sp Terhadap Larva Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda*) Pada Tanaman Jagung. *Jurnal Agrotek*, 6(2), 81–93.
- Herdatiarni, F., Himawan, T., & Rachmawati, R. (2014). Eksplorasi Cendawan Entomopatogen *Beauveria* sp. Menggunakan Serangga Umpan Pada Komoditas Jagung, Tomat Dan Wortel Organik Di Batu, Malang. *Jurnal HPT*, 1(3), 2338–4336.
- Hohenadel, K., Harris, S. A., McLaughlin, J. R., Spinelli, J. J., Pahwa, P., Dosman, J. A., Demers, P. A., & Blair, A. (2011). Exposure to multiple pesticides and risk of non-Hodgkin lymphoma in men from six Canadian provinces. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(6), 2320–2330. <https://doi.org/10.3390/ijerph8062320>
- Ikawati, B., Marbawati, D., & Wahyudi, B. F. (2017). Efek *Beauveria bassiana* pada *Anopheles maculatus* Fase Efek *Beauveria bassiana* pada *Anopheles maculatus* Fase Aquatik di Laboratorium. *Buletin Penelitian Kesehatan*, 45(2), 137–144. <https://doi.org/10.22435/bpk.v45i2.5161.137-144>.
- Litwin, A., Nowak, M., & Rózsalska, S. (2020). Entomopathogenic Fungi: Unconventional Applications. In *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 19(1), 23–42. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09525-1>.
- Lubis, R. E., & Widanarko, A. (2011). *Buku Pintar Kelapa Sawit* (1st ed.). Agromedia. https://books.google.co.id/books?id=PUU1TKIn_L8C&lpg=PR2&hl=id&pg=PR4#v=onepage&q&f=false
- Magfira, A., Himawan, A., & Tarmadja, S. (2022). Perbandingan Aplikasi Jamur *Beauveria Bassiana* Dan *Metarhizium Anisopilea* Untuk Pengendalian Hama Kumbang Tanduk. *Jurnal Agroista*, 6(1), 2684–7019.
- Prabowo, H., & IG.A.A. Indrayani. (2009). Potensi Nematoda Patogen Serangga *Steinernema* spp. dalam Pengendalian Hama Utama Tanaman Kapas Potency of Entomopathogenic Nematodes *Steinernema* spp. Against Major Insect Pest of Cotton. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 1(2), 101–110.
- Pujiastuti, Setiawan, & Arinafril. (2010). Pendugaan Perkembangan Populasi *Oryctes Rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) Di Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.). 6(2), 199–205.
- Rini, S., Mukhtar, Yusuf, & Kabeakan, N. T. M. B. (2020). Pengendalian Hama Penggerek Batang Sawit *Oryctes rhinoceros* Dengan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 2685–9882.
- Rosmayuningsih, A., Rahardjo, B. T., & Rina Rachmawati. (2014). Patogenensitas Jamur *Metarhizium anisopliae* Terhadap Hama Kepinding Tanah (*Stibaropus Molginus*) (Hemiptera: Cydnidae) Dari Beberapa Formulasi. *Jurnal HPT*, 2(2), 28– 37.
- Salbiah, D., Hennie Laoh, J., & Nurmayani. (2013). Uji Beberapa Dosis *Beauveria bassiana* vuillemin terhadap Larva Hama Kumbang Tanduk *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera; Scarabaeidae) pada Kelapa Sawit. *Jurnal Teknobiologi*, 4(2), 137– 142.
- Sihombing, R. H., Oemry, S., & Lubis, L. (2014). Uji Efektifitas Beberapa Entomopatogen Pada Larva *Oryctes rhinoceros* The Effectivity of Some Entomopathogenic on the Larvae *Oryctes rhinoceros* L. (*Coleoptera: Scarabaeidae*) in the Laboratory". 2(4), 1300–1309.
- Sitinjak, E. S. (2018). Uji Efektivitas Jamur Entomopatogenik *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* Terhadap Mortalitas Larva Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros*) Pada Chiping Batang Kelapa Sawit. universitas medan area.
- Wagiman, F. X., Triman, B., & Astuti, S. R. (2003). Keefektifan *Steinernema* Spp. Terhadap *Spodoptera Exigua*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 9(1), 22– 27.
- Wahyono, T. E., Tarigan, N. 2007. Uji patogenisitas agen hayati *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* terhadap ulat serendang (*Xystrocera festiva*). *Bul. Teknik Pertanian*. 12(1):27-29.