

Inovasi Teknologi Pengendalian Rayap Tanah Perkebunan Kelapa Sawit: Kajian Pemanfaatan Nematoda Patogen Serangga di Kalimantan Barat

Hamdani*, dan Rosalina Yuliana Ayen

Fakultas Pertanian Sains dan Teknologi Universitas Panca Bhakti
Jl. Komodori Yos Sudarso No.1. Sungai Beliung Kecamatan Pontianak Barat,
Kalimantan Barat 78244

*Alamat korespondensi: hamdani@upb.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 11-11-2024	
Direvisi: 26-12-2024	Innovation in soil termite control technology in oil palm plantation: A Study on the utilization of insect pathogen nematodes (IPNs) in West Kalimantan
Dipublikasi: 31-12-2024	
Keywords: Biological agent, Oil palm pest, <i>Steinernema</i> sp., <i>Stratified sampling</i> , <i>Xenorabdhus</i> sp.	West Kalimantan has significant potential for oil palm cultivation. However, farmers often face challenges due to pest attacks, particularly termites. The local peatland conditions and climate influence the native biota. The use of insect pathogenic nematodes (IPNs) as biological control agents has emerged as an innovative solution to address termite infestations and sustainably increase production. This study aimed to explore, identify, isolate, and test the pathogenicity of indigenous IPNs from oil palm plantations against subterranean termites (<i>Captotermes curvignathus</i>). The IPNs were collected from the rhizosphere of oil palm plants in West Kalimantan. The isolation, identification, and pathogenicity tests of IPNs against subterranean termites were conducted at the Laboratory of Agriculture, Science, and Technology, Panca Bhakti University, Pontianak, while soil analysis was performed at the Laboratory of Soil Physics and Conservation, Tanjungpura University, Pontianak. The research was conducted from June to October 2024. Soil sampling locations were determined using the stratified sampling technique, and IPN isolation from the oil palm rhizosphere soil was carried out using the baiting method with <i>Tenebrio molitor</i> larvae. The pathogenicity test of IPNs against subterranean termites used a completely randomized design (CRD) with a non-factorial design involving 7 treatments and 4 replications. The exploration results identified IPNs with varying population densities. The highest <i>T. molitor</i> larvae mortality rate was found in peat soil from Kubu Raya Regency. The identified nematode was <i>Steinernema</i> sp., with the symbiotic bacterium <i>Xenorabdhus</i> sp. The pathogenicity test showed that <i>Steinernema</i> sp. nematodes from Kubu Raya were effective against termites, with a mortality rate of 97.5% at a dose of 400 JI-3/ml. These results were nearly equivalent to the fipronil insecticide at a concentration of 2 ml/l, which achieved 100% mortality in less than 12 hours after application. Symptoms of termite infection were marked by body discoloration, abdominal swelling, and body disintegration.
Kata Kunci: Agen hidup, Hama kelapa sawit, <i>Steinernema</i> sp., <i>Stratified sampling</i> , <i>Xenorabdhus</i> sp.	Kalimantan Barat memiliki potensi besar dalam budidaya kelapa sawit, namun petani sering menghadapi tantangan akibat serangan hama, terutama rayap. Kondisi lahan gambut dan iklim setempat memengaruhi biota lokal. Penggunaan nematoda patogen serangga (NPS) sebagai agen pengendalian hidup muncul sebagai solusi inovatif untuk mengatasi infestasi rayap dan meningkatkan produksi secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan

mengeksplorasi, mengidentifikasi, mengisolasi, dan menguji patogenisitas NPS *indigenous* dari perkebunan kelapa sawit terhadap rayap tanah (*Coptotermes curvignathus*). Nematoda patogen serangga dikoleksi dari rhizosfer tanaman kelapa sawit di Kalimantan Barat. Isolasi, identifikasi dan uji patogenesitas NPS terhadap hama rayap tanah dilakukan di Laboratorium Fakultas Pertanian, Sains dan Teknologi Universitas Panca Bhakti Pontianak, sedangkan analisis tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah Universitas Tanjungpura Pontianak. Penelitian dilaksanakan dari bulan Juni hingga Oktober 2024. Penentuan lokasi pengambilan sampel tanah menggunakan teknik *stratified sampling* dan isolasi NPS dari tanah rhizosfer kelapa sawit menggunakan metode *baiting* menggunakan larva *Tenebrio molitor*. Uji patogenesitas NPS terhadap hama rayap tanah menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) nonfaktorial dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan. Hasil eksplorasi menemukan NPS dengan kepadatan populasi bervariasi. Tingkat mortalitas larva *T. molitor* tertinggi ditemukan di tanah gambut Kabupaten Kubu Raya. Nematoda yang diidentifikasi adalah *Steinernema* sp., dengan bakteri simbion *Xenorhabdus* sp. Uji patogenesitas menunjukkan nematoda *Steinernema* sp. dari Kubu Raya efektif melawan rayap, dengan mortalitas 97,5% pada dosis 400 JI-3/ml. Hasil tersebut hampir setara dengan insektisida fipronil konsentrasi 2 ml/l yang mencapai 100% mortalitas dalam waktu kurang dari 12 jam setelah aplikasi. Gejala infeksi pada rayap ditandai dengan perubahan warna tubuh, pembengkakan abdomen, dan hancurnya tubuh.

PENDAHULUAN

Provinsi Kalimantan Barat memiliki potensi besar dalam budidaya kelapa sawit. Namun, petani sering menghadapi tantangan dalam meningkatkan produksi akibat serangan hama, terutama rayap tanah. Rayap tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren) termasuk dalam ordo Isoptera, merupakan hama polifag yang hidup berkelompok dan sering menyerang tanaman perkebunan serta tanaman tahunan seperti kelapa sawit, karet, mangga, kakao, alpukat, nangka, durian, teh, kina, kayu jati, sengon, pinus, randu, dan kapas (Pawana, 2016; Sitorus dkk., 2024). Pengendalian rayap di perkebunan umumnya menggunakan insektisida sintetis. Penggunaan insektisida yang terus-menerus dan tidak bijaksana dapat menyebabkan masalah serius, seperti terburuhnya musuh alami, resurjensi hama, peledakan hama sekunder, serta pencemaran lingkungan (Sopialena dkk., 2021). Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian yang dapat mengurangi dampak negatif pestisida.

Program pengelolaan hama terpadu (PHT) dirancang untuk menyediakan pengendalian hama yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, dengan tujuan membatasi penggunaan pestisida seminimal mungkin tanpa mengorbankan kualitas dan kuantitas produksi. Undang-Undang No. 22 Tahun 2019 telah

mengatur bahwa setiap orang dilarang menggunakan sarana budi daya pertanian, prasarana budi daya pertanian, dan/atau cara yang dapat mengganggu kesehatan dan/atau mengancam keselamatan manusia serta menimbulkan gangguan dan kerusakan sumber daya alam dan/atau lingkungan hidup dalam pelaksanaan pelindungan pertanian (JDIH BPK, 2019). Salah satu alternatif pelindungan pertanian yang ramah lingkungan adalah penggunaan agens pengendali hayati, seperti nematoda patogen serangga (NPS). NPS memiliki potensi besar dalam pengendalian hayati karena kemampuannya mencari inang dan membunuh hama sasaran (Kaya *et al.*, 2006; Marianelli *et al.*, 2017). NPS hidup bersimbiosis dengan bakteri simbion yang juga patogenik terhadap serangga inang (Gozel & Gozel, 2016). NPS aktif mencari serangga inang, memasuki tubuh serangga melalui lubang-lubang alami dan membran antar skeleton. Setelah memasuki hemocoele, NPS akan melepas bakteri simbion Enterobacteriaceae (*Xenorhabdus* spp. atau *Photorhabdus luminescens*) yang tersimpan di dalam saluran pencernaannya. Bakteri berbiak, membunuh serangga dengan menyebabkan keracunan darah (septicemia) sekaligus menyediakan kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan dan reproduksi nematoda di dalam tubuh serangga (Chaerani dkk., 2007).

Kondisi geologis dan klimatis unik di Kalimantan Barat diyakini sangat memengaruhi karakteristik biota tanah, termasuk keberadaan NPS. Oleh karena itu, diperlukan eksplorasi, identifikasi, isolasi, dan uji patogenesitas isolat NPS dari perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat terhadap rayap tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi, mengidentifikasi, mengisolasi, dan menguji kemampuan patogenesitas isolat NPS yang berasal dari perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat terhadap rayap tanah.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Nematoda patogen serangga (NPS) dikoleksi dari rhizosfer tanaman kelapa sawit di Kalimantan Barat. Isolasi dan identifikasi serta uji patogenesitas NPS terhadap hama rayap tanah dilakukan di Laboratorium Fakultas Pertanian, Sains dan Teknologi Universitas Panca Bhakti Pontianak. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah Universitas Tanjungpura Pontianak. Penelitian dilaksanakan dari bulan Juni sampai dengan bulan Oktober 2024.

Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Metode pengambilan sampel dilakukan secara acak bertingkat (*stratified random sampling*). NPS diisolasi dari rhizosfer tanaman kelapa sawit di beberapa kabupaten yang memiliki areal tanaman kelapa sawit dominan dan mewakili jenis tanah gambut, podsilik merah kuning (PMK), aluvial dan lempung berpasir. Pada masing-masing kecamatan dipilih dua desa dengan areal tanaman kelapa sawit terluas berdasarkan data statistik perkebunan dan ada serangan hama rayap (Paster dkk., 2018).

Koleksi dan Isolasi Nematoda Patogen Serangga dari Tanah

Tanah dikoleksi dari sekitar rhizosfer tanaman kelapa sawit pada daerah yang telah ditentukan. Tanah diambil pada kedalaman 10–15 cm di sekitar perakaran tanaman kelapa sawit menggunakan skop kecil. Masing-masing subsampel tanah diambil sebanyak 4 x 500 g dari 4 sisi tanaman kelapa sawit kemudian digabung. Sampel tanah dimasukkan ke dalam kantong plastik, diberi label, disimpan dalam *boxcooler* dan ditransportasikan ke laboratorium untuk keperluan analisis. Analisis dilakukan untuk mengetahui jenis tanah meliputi sifat fisik dan kimia tanah.

Isolasi NPS dilakukan dengan metode *baiting* menggunakan larva *Tenebrio molitor* (ulat hongkong), dengan cara tanah yang diambil dari lapangan dicampurkan di dalam bak besar, kemudian diaduk (dikompositkan) agar menjadi homogen. Tanah diayak, ditimbang dan dimasukkan ke dalam wadah plastik dengan berat 300 g. Kemudian *T. molitor* dimasukkan sebanyak 20 ekor ke dalam setiap wadah plastik tersebut. Setelah itu wadah plastik diberi label, dan diamati setiap 24 jam sekali selama 12 hari. Persentase mortalitas dihitung dengan rumus sebagai berikut (Chaerani dkk., 2007):

$$\text{Mortalitas} = \frac{\text{Jumlah larva mati}}{\text{Jumlah larva uji}} \times 100\%$$

Ekstraksi nematoda dari larva *T. molitor* dilakukan menggunakan metode perangkap putih (*white trap*) sebagaimana dijelaskan oleh Malik dkk. (2021) dan Erdiansyah dkk. (2024). Larva yang mati dicuci menggunakan aquades, kemudian diletakkan di atas kertas saring yang ditempatkan dalam cawan Petri berdiameter 15 cm, di mana di dalamnya terdapat cawan Petri yang lebih kecil dengan diameter 9 cm dalam posisi terbalik. Aquades steril kemudian ditambahkan hingga mencapai setengah tinggi cawan Petri berdiameter 9 cm. Inkubasi berlangsung selama 14 hari pada suhu ruang, memungkinkan infektif juvenil nematoda yang berkembang pada larva *T. molitor* keluar dan bermigrasi ke dalam air. Untuk mengetahui perbedaan antar jenis tanah terhadap persentase mortalitas larva *T. molitor* dilakukan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) taraf 5%.

Identifikasi Nematoda Patogen Serangga

Identifikasi NPS pada tingkat genus dilakukan dengan mengamati gejala pada *T. molitor* yang terinfeksi NPS dan pengamatan morfologi nematoda menggunakan mikroskop. Pengamatan gejala pada larva *T. molitor* yaitu dengan mengamati perubahan warna kutikula larva. Serangga terinfeksi *Steinernema* mengakibatkan warna tubuh menjadi hitam kecoklatan/caramel, sedangkan dari genus *Heterorhabditis* menyebabkan tubuh serangga menjadi berwarna merah kehitaman (Suyadi dkk., 2017). Identifikasi juga dilakukan dengan melihat morfologi nematoda tersebut dan juga dengan menguji sifat-sifat bakteri simbionnya. Identifikasi morfologi NPS dilakukan dengan mengamati bentuk tubuh nematoda, bentuk kepala nematoda, ada tidaknya stilet serta tingkat transparansi tubuh

nematoda (Suyadi dkk., 2017). Identifikasi juga dilakukan dengan mengukur panjang tubuh nematoda (Grewal, 1999).

Isolasi dan Identifikasi Bakteri Simbion

Bakteri simbion diisolasi dari nematoda yang sebelumnya telah disterilisasi permukaan menggunakan hyamin 0,1% selama 15–30 menit (Malik dkk., 2021). Sebanyak 5–10 juvenil yang diperoleh dari hasil *white trap* diletakkan di atas gelas objek steril kemudian ditutup dengan *cover glass* steril sambil ditekan untuk menghancurkan nematoda. Kemudian *cover glass* diangkat dan cairan diambil dengan ose kemudian digoreskan ke media *nutrient agar* (NA) dan diinkubasikan. Bakteri simbion yang ditumbuhkan pada media NA kemudian dikultur ulang dan ditumbuhkan pada media *nutrient bromthymol blue triphenyltetrazolium chloride agar* (NBTA). Jika koloni bakteri simbion yang tumbuh merupakan *Xenorhabdus* maka akan ditandai dengan penyerapan warna biru (fase primer) dan warna merah bata (fase sekunder). Koloni ini memiliki ciri berbentuk bundar, sedikit cembung ke atas, serta menampilkan alur melingkar yang jelas di bagian tepinya.

Uji Gram dan Pewarnaan Gram

Koloni bakteri yang telah diperbanyak pada media NBTA diambil dan diletakkan di atas gelas objek kemudian ditetes dengan larutan KOH 10% diaduk-aduk selama 3–5 menit. Selanjutnya koloni bakteri diangkat ke atas pelan-pelan dengan menggunakan jarum ose. Uji pewarnaan Gram ini untuk mengklasifikasikan kedua tipe bakteri ini berdasarkan struktur dinding sel. Pewarnaan Gram menggunakan 4 reagen yaitu Gram A (larutan hucker cristal violet), Gram B (larutan mordan Lugols iodin), Gram C (larutan peluntur atau alkohol 70%), Gram D (larutan safranin). Pewarnaan Gram terdiri atas beberapa tahap sebagai berikut: pada gelas objek steril diteteskan aquades, bakteri diletakkan di atas kemudian difiksasi di atas bunsen, setelah itu ditetes dengan reagen Gram A dan ditunggu 1 menit, kemudian dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan kembali, lalu ditetes dengan reagen Gram B dan ditunggu 1 menit, cuci kembali dengan air mengalir dan dikeringkan. Selanjutnya ditetes dengan reagen Gram D atau alkohol 70%, sampai tidak ada lagi zat pewarna yang luntur, ditunggu 30 detik dan diamati dengan mikroskop (Fukruksa et al., 2017).

Uji Katalase

Uji katalase bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menghasilkan enzim katalase pada bakteri. Uji katalase dilakukan di dalam laminar air flow cabinet dengan menumbuhkan bakteri di media NA pada cawan Petri yang kemudian diinkubasi selama satu hari. Kaca objek dibersihkan untuk menghilangkan lemak dan debu menggunakan alkohol. Satu ose isolat bakteri simbion diambil dan diratakan di atas kaca objek, lalu diteteskan dengan larutan H₂O₂ 3% 2–3 tetes (Khatoon et al., 2022). Apabila terbentuk gelembung-gelembung udara pada koloni bakteri tersebut, maka bakteri tersebut bereaksi positif. Hal itu menunjukkan bahwa bakteri tersebut adalah *Xenorhabdus* yang terdapat pada *Steinernema*. Begitu juga sebaliknya apabila bakteri tersebut bereaksi negatif maka bakteri tersebut merupakan *Photorhabdus* yang terdapat pada *Heterorhabditis* (Tomar et al., 2023).

Uji Oksidase

Uji oksidase dilakukan untuk membantu mengidentifikasi kelompok bakteri dengan kemampuan bakteri melakukan oksidase. Uji ini dilakukan menggunakan kertas *oxidase strip* dengan cara mengoleskan bakteri simbion dalam cawan (Hadioetomo, 1993). Reaksi ditunggu selama 15 detik. Hasil positif ditandai dengan munculnya warna ungu, sedangkan hasil negatif ditandai dengan munculnya warna merah (Pratita, 2012).

Uji Patogenesitas Nematoda Patogen Serangga terhadap Rayap Tanah

Uji Patogenesitas bertujuan untuk mengetahui keefektifan NPS hasil koleksi dari rhizosfer tanaman kelapa sawit terhadap mortalitas rayap tanah. NPS yang digunakan dalam uji patogenesitas ini adalah NPS yang diperoleh dari tanah rhizosfer kelapa sawit di Kabupaten Kubu Raya. Rayap tanah dikoleksi dari perkebunan kelapa sawit yang terserang hama rayap di Desa Punggur Besar Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. Rayap beserta sarangnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengkondisian. Pengkondisian dilakukan dengan cara menyiapkan termitarium berupa kontainer plastik bertutup yang telah dibuat lubang udara. Sarang rayap beserta rayap tanah dimasukkan ke dalam termitarium yang sebelumnya telah disediakan makanan rayap berupa potongan kayu lapuk. Kondisi termitarium selalu dalam kondisi lembab dengan cara menyemprotkan air steril ke dalam termitarium (Qodiriyah, 2015). Serangga uji yang digunakan yaitu

rayap tanah kasta pekerja yang mempunyai bentuk tubuh seragam dari spesies yang sama, panjang badan untuk rayap kasta pekerja sekitar 4–5 mm. Selanjutnya disiapkan wadah gelas plastik kecil yang dialasi dengan kertas tissu untuk penyiapan pengujian. Kertas tissu dibasahi dengan aquades dan di atasnya diberi makan berupa kertas kardus. Sebanyak 20 ekor rayap tanah dimasukkan ke dalam wadah tersebut. Rayap tanah kasta pekerja yang mampu bertahan hidup selanjutnya digunakan untuk pengujian (Paster *et al.*, 2018).

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode kertas saring. Cara yang dilakukan yaitu menyiapkan satu lembar kertas saring ukuran 8 cm pada cawan Petri ukuran 9 cm. Suspensi nematoda diteteskan 2 ml pada kertas saring dengan konsentrasi sesuai perlakuan. Sebanyak 20 ekor rayap kasta pekerja dimasukkan ke dalam setiap cawan Petri. Pengaplikasian NPS fase Juvenil Infektif (JI) 3 pada rayap menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) nonfaktorial dengan tujuh perlakuan yang diulang sebanyak empat kali sebagai berikut:

PO : kontrol, tanpa NPS

P1 : konsentrasi NPS 80 JI-3/ml

P2 : konsentrasi NPS 160 JI-3/ml

P3 : konsentrasi NPS 240 JI-3/ml

P4 : konsentrasi NPS 320 JI-3/ml

P5 : konsentrasi NPS 400 JI-3/ml

P6 : insektisida fipronil 2 ml/l (Balistic 50 SC)

Pengamatan terhadap tiap perlakuan serangga uji dilakukan setiap 6 jam selama 3 x 24 jam atau 72 jam. Pada tahap pengamatan ini diamati ciri-ciri fisik

rayap yang mati terinfeksi NPS dan dihitung persentase mortalitasnya. Persentase mortalitas serangga uji (rayap tanah) dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$M = \frac{L}{T} \times 100\%$$

Keterangan:

M : Mortalitas rayap

L : Jumlah rayap mati

T : Jumlah rayap perlakuan

Analisis Data

Data mortalitas serangga uji yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji F. Apabila hasil uji F menunjukkan perbedaan yang nyata, maka analisis data dilanjutkan dengan menggunakan uji Tukey (HSD) pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Pengambilan Sampel Tanah dan Hasil Analisis Tanah

Tanah dikoleksi dari beberapa kabupaten di Provinsi Kalimantan Barat yang memiliki pertanaman kelapa sawit dan terdapat tanaman kelapa sawit terserang hama rayap. Lokasi pengambilan sampel tanah disajikan pada Tabel 1. Tanah rhizosfer tanaman kelapa sawit merupakan salah satu habitat bagi nematoda patogen serangga. Hasil analisis tanah dan untuk mengetahui jenis tanah meliputi sifat fisik dan kimia tanah (Tabel 2).

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel tanah di Provinsi Kalimantan Barat

Kode sampel	Lokasi pengambilan sampel tanah			Titik koordinat	
	Kabupaten	Kecamatan	Desa	Latitude	Longitude
B1.1	Bengkayang	Sui. Raya Kepulauan	Rukmajaya	0.657437°	108.955962°
B1.2	Bengkayang	Sungai Raya	Pangkalan 2	0.686402°	108.968609°
S1.1	Sanggau	Tayan Hulu	Sosok	0.282066°	110.235152°
S1.2	Sanggau	Tayan Hulu	Janjang	0.282041°	110.235140°
L1.1	Landak	Jelimpo	Tubang Raeng	0.316071°	110.104948°
L1.2	Landak	Menyuke	Anik	0.537164°	109.738949°
M1.1	Mempawah	Sadaniang	Bumbun	0.569595°	109.103364°
M1.2	Mempawah	Sadaniang	Ambawang	0.560378°	109.125225°
K1.1	Kubu Raya	Kubu	Kubu	0.293524°	109.284268°
K1.2	Kubu Raya	Kubu	Kubu	0.471872°	109.484379°

Tabel 2. Hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah sampel dari berbagai kabupaten di Provinsi Kalimantan Barat

Kode sampel	Bobot isi (g/cm ³)	Porositas total (%)	Kadar air kondisi lapang (% Vol)	pH	Jenis tanah
B1.1	1,27	50,28	48,58	4,62	Mineral/Aluvial
B1.2	0,97	61,47	59,48	4,63	Mineral/Berpasir
S1.1	0,95	64,94	62,27	4,51	Mineral/PMK
S1.2	1,05	59,03	57,64	4,08	Mineral/PMK
L1.1	0,97	61,47	59,48	4,58	Mineral/PMK
L1.2	0,89	64,53	63,02	4,01	Mineral/PMK
M1.1	0,84	66,42	62,77	4,10	Mineral/PMK
M1.2	0,95	64,94	62,27	5,03	Mineral/PMK
K1.1	0,23	84,27	61,73	4,21	Gambut
K1.2	0,26	83,65	72,87	3,59	Gambut

Keterangan: PMK = podsolik merah kuning. Sumber data: Lab. Fisika dan Konservasi Tanah Universitas Tanjungpura Pontianak, 2024.

Mortalitas *Tenebrio molitor* dalam Isolasi Nematoda Patogen Serangga pada Berbagai Jenis Tanah

Hasil menunjukkan bahwa keberadaan mikroorganisme khususnya dari golongan NPS yang berada dalam tanah dari berbagai lokasi dapat menyebabkan kematian (mortalitas) terhadap larva *T. molitor* yang dijadikan umpan. Nilai rata-rata mortalitas larva *T. molitor* pada berbagai jenis tanah disajikan pada Tabel 3. Hasil menunjukkan adanya variasi dalam rata-rata mortalitas *T. molitor* pada berbagai perlakuan/jenis tanah yang digunakan. Perlakuan Kubu Raya 1, Kubu Raya 2 dan Sanggau 1 menunjukkan nilai rata-rata mortalitas tertinggi sebesar 20 ekor (100%). Hal ini menunjukkan bahwa ketiga perlakuan tersebut tidak berbeda nyata satu sama lain, namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan Bengkayang 1, Bengkayang 2, Sanggau 2, Landak1, Mempawah 2, dan Landak 2 memiliki rata-rata mortalitas berkisar antara 17,5 ekor (87,50%) hingga 19,8 ekor (99%). Kondisi ini menunjukkan bahwa perlakuan-perlakuan ini tidak berbeda nyata satu sama lain, namun ada beberapa di antaranya yang berbeda nyata dengan kelompok perlakuan Sanggau 1, Kubu Raya 1, dan Kubu Raya 2. Perlakuan yang menunjukkan rata-rata mortalitas terendah adalah perlakuan Mempawah 1 dengan nilai rata mortalitas sebesar 17,3 ekor (86,50%). Perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Kubu Raya 1, Kubu Raya 2 dan Sanggau 1. Secara keseluruhan, perlakuan Kubu Raya 1, Kubu Raya 2 dan Snggau 1 memiliki rata-rata mortalitas tertinggi, sementara Mempawah 1 memiliki rata-rata mortalitas terendah dalam pengujian ini.

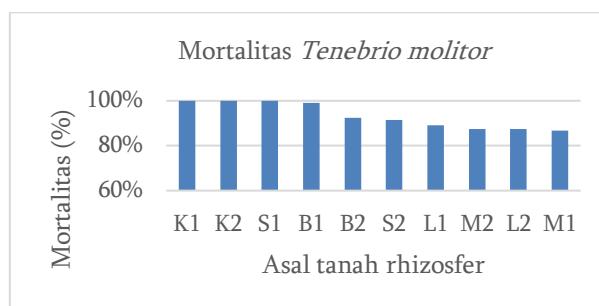
Sampel tanah dari Kubu Raya 1 dan Kubu Raya 2 merupakan jenis tanah gambut dengan nilai porositas total yang tinggi yaitu 84,27% dan 83,65%, demikian juga dengan kadar air pada kondisi lapang

cukup tinggi yaitu masing-masing sebesar 61,73% dan 72,87%. Porositas tanah adalah persentase total pori dalam tanah yang ditempati oleh air dan udara. Kondisi tanah dengan porositas yang tinggi sangat menunjang bagi kehidupan nematoda dalam tanah berkaitan dengan mobilitas nematoda entomopatogen di dalam tanah untuk menyebar dan mencari serangga inang. Tanah dengan porositas tinggi dan dengan kadar air pada kondisi lapang yang relatif tinggi memudahkan nematoda entomopatogen untuk bergerak di dalam tanah dan kandungan oksigen yang tinggi mendukung untuk pernapasan. Dilaporkan bahwa sifat fisik tanah sangat berpengaruh terhadap keberadaan nematoda entomopatogen di mana nematoda entomopatogen tidak dapat hidup pada jenis tanah lempung berliat, karena pada jenis tanah ini tidak terdapat rongga sehingga oksigen tidak masuk ke dalam tanah secara maksimal (Nugrohorini, 2010; Banu, 2017). Selanjutnya, Safitri *et al.* (2013) melaporkan bahwa nematoda entomopatogen membutuhkan air yang cukup untuk bergerak maju dan juga oksigen untuk bertahan hidup. Hasil pengamatan selama penelitian menunjukkan bahwa mortalitas larva *T. molitor* lebih tinggi pada jenis tanah dengan tingkat porositas total dan kadar air kondisi lapang yang tinggi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa populasi NPS pada jenis tanah tersebut juga tinggi. NPS yang diperoleh dari baiting menggunakan *T. molitor* dari tanah sampel yang memiliki rata-rata mortalitas *T. molitor* tertinggi yaitu jenis tanah gambut dari Kabupaten Kubu Raya (K1 dan K2) selanjutnya dijadikan bahan perlakuan dalam uji patogenesitas. Untuk lebih jelasnya, perbedaan mortalitas *T. molitor* pada berbagai jenis tanah sampel dapat di lihat pada Gambar 1.

Tabel 3. Nilai rata-rata mortalitas *Tenebrio molitor* pada berbagai jenis tanah

Perlakuan	Mortalitas (ekor)
Kubu Raya 1	20,0 b
Kubu Raya 2	20,0 b
Sanggau 1	20,0 b
Bengkayang 1	19,8 ab
Bengkayang 2	18,5 ab
Sanggau 2	18,3 ab
Landak 1	17,8 ab
Mempawah 2	17,5 ab
Landak 2	17,5 ab
Mempawah 1	17,3 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata pada Uji BNJ 5%.



Gambar 1. Rata-rata persentase mortalitas *T. molitor* pada berbagai jenis tanah sampel. K1: Kubu Raya 1, K2: Kubu Raya 2, S1: Sanggau 1, B1: Bengkayang 1, B2: Bengkayang 2, S2: Sanggau 2, L1: Landak 1, M2: Mempawah 2, L2: Landak 2, M1: Mempawah 1

Identifikasi Nematoda Patogen Serangga

Identifikasi NPS dilakukan dengan mengamati gejala pada larva *T. molitor* yang terinfeksi NPS dan pengamatan morfologi nematoda. Hasil pengamatan terhadap gejala larva *T. molitor* yang mati terinfeksi oleh NPS pada berbagai jenis tanah sampel, semuanya menunjukkan gejala berwarna hitam kecoklatan (Gambar 2a, b). Berdasarkan gejala tersebut maka NPS yang menginfeksi larva *T. molitor* ini adalah dari genus *Steinernema* (Suyadi dkk., 2017). Sementara itu, hasil pengamatan pada preparat menunjukkan bahwa bentuk kepala nematoda memiliki bentuk kepala yang halus dan rata, membulat, serta tidak memiliki stilet (Gambar 2c). Selain itu, nematoda bentuknya seperti benang, transparan dan silindris. Karakteristik morfologi seperti ini adalah merupakan ciri-ciri dari nematoda *Steinernema* sp. Ciri-ciri tersebut sesuai dengan apa yang disebutkan oleh Gozel dan Gozel (2016) bahwa pada umumnya tubuh nematoda entomopatogen berbentuk seperti cacing, transparan, panjang dan agak silindris, dan diselubungi oleh kutikula. Selanjutnya, Afifah dkk. (2013) menyatakan bahwa nematoda entomopatogen yang memiliki kepala halus dan tidak memiliki stilet adalah nematoda entomopatogen genus *Steinernema* sp. Identifikasi selanjutnya dilakukan dengan mengukur panjang tubuh NPS fase JI-3. Hasil pengamatan dan pengukuran panjang tubuh nematoda adalah rata-rata 531,17 μm . Panjang tubuh nematoda *Steinernema* sp JI-3 berkisar antara 438–950 μm (Grewal, 1999). Berdasarkan hasil pengukuran panjang tubuh tersebut maka nematoda yang diperoleh adalah dari genus *Steinernema*.



Gambar 2. Jenis dan infeksi nematoda parasit serangga pada *T. molitor*. (a) Larva *T. molitor* sehat, (b) larva *T. molitor* terinfeksi oleh NPS, dan (c) hasil pengukuran nematoda *Steinernema* sp.

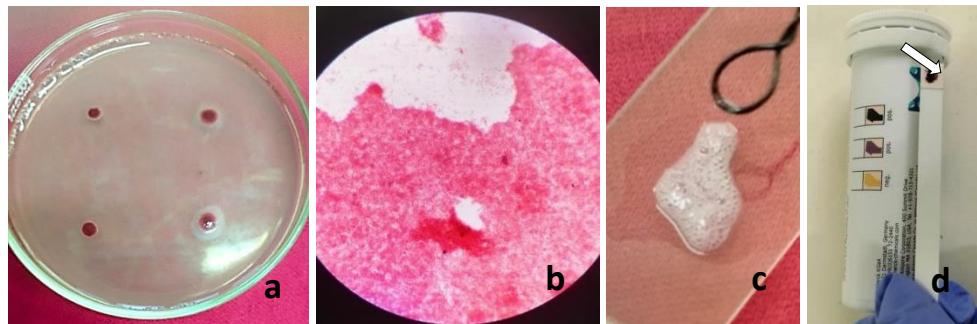
Identifikasi Bakteri Simbion

Hasil isolasi bakteri simbion terlihat pada Gambar 3 dan bakteri yang diperoleh merupakan bakteri *Xenorhabdus* spp. fase sekunder. Koloni

berwarna merah bata pada media NBTA. Pewarnaan Gram bertujuan untuk menentukan jenis bakteri secara umum berdasarkan struktur dinding sel. Hasil uji pewarnaan Gram menunjukkan bahwa bakteri

simbion hasil isolasi dari tubuh nematoda termasuk bakteri Gram negatif (Gambar 3b). Eugenio dan Heidi (2001) menyatakan bahwa bakteri simbion *Xenorhabdus* tergolong bakteri Gram negatif. Hasil uji terlihat adanya gelembung udara di sekitar biakan koloni bakteri simbion tersebut (Gambar 3c). Kondisi

seperti ini menunjukkan bahwa bakteri simbion bereaksi positif pada uji katalase (Hadioetomo, 1993). Uji Oksidase menggunakan kertas oksidase strip menunjukkan larutan berwarna ungu (oksidase positif) (Gambar 3d).



Gambar 3. Bakteri simbion hasil isolasi dari nematoda. (a) Koloni bakteri *Xenorhabdus* sp. fase sekunder pada media NBTA, (b) bakteri termasuk Gram negatif, (c) gelembung udara di sekitar biakan koloni bakteri, dan (d) kertas oksidase strip menunjukkan larutan berwarna ungu (tanda panah)

Uji Patogenesitas Nematoda Patogen Serangga terhadap Rayap Tanah

Tingkat mortalitas rayap tanah akibat infeksi *Steinernema* sp., dengan berbagai konsentrasi terhadap serangga uji dapat dilihat pada Tabel 4. Data yang diperoleh berdasarkan uji patogenesitas menunjukkan bahwa NPS (*Steinernema* sp.) mampu menyebabkan mortalitas terhadap rayap tanah. Hal ini ditunjukkan dengan adanya persentase mortalitas rayap tanah pada tiap konsentrasi nematoda patogen serangga. Pada konsentrasi 400 JI-3/ml tingkat mortalitas rayap tanah mencapai 97,5%, dan secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan insektisida fipronil pada konsentrasi 2 ml/l. Perbedaan terjadi pada waktu total kematian, pada insektisida fipronil total kematian terjadi di bawah 12 jam setelah aplikasi (JSA) sedangkan pada perlakuan NPS 400 JI-3/ml terjadi pada 60 JSA.

Tabel 4. Pengaruh konsentrasi nematoda patogen serangga terhadap mortalitas rayap tanah

Perlakuan	Mortalitas (ekor)	Mortalitas (%)
Kontrol	0,0 a	0
NPS 80 JI-3/ml	12,0 b	60
NPS 160 JI-3/ml	14,0 bc	70
NPS 240 JI-3/ml	15,3 bc	76,5
NPS 320 JI-3/ml	16,0 bc	80
NPS 400 JI-3/ml	19,5 c	97,5
Insektisida fipronil 2 ml/l	20,0 c	100

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata pada Uji BNJ 5%.

Berdasarkan hasil analisis keragaman total kematian serangga uji (12, 24, 36, 48, 60, 72 JSA) menunjukkan bahwa perlakuan aplikasi NPS dengan berbagai konsentrasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap persentase mortalitas rayap tanah. Hasil analisis uji statistik menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam rata-rata kematian serangga uji pada berbagai perlakuan. Pada perlakuan kontrol, tidak ditemukan kematian serangga, yang secara statistik berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Perlakuan NPS konsentrasi 80 JI-3/ml, menunjukkan rerata kematian serangga sebesar 12,0 (60%), berbeda nyata dari perlakuan kontrol. Perlakuan NPS konsentrasi 160 JI-3/ml, NPS konsentrasi 240 JI-3/ml dan NPS konsentrasi 320 JI-3/ml, dengan rata-rata kematian masing-masing sebesar 14,0 (70%), 15,3 (76,50%), dan 16,0 (80%). Kondisi ini menunjukkan bahwa ketiga perlakuan ini tidak berbeda nyata satu sama lain, tetapi berbeda nyata dengan kontrol dan NPS konsentrasi 80 JI-3/ml. Perlakuan NPS konsentrasi 400 JI-3/ml dan perlakuan pembanding insektisida fipronil 2 ml/l menunjukkan rata-rata kematian tertinggi, masing-masing sebesar 19,5 (97,50%) dan 20,0 (100%). Hal ini menunjukkan bahwa NPS konsentrasi 400 JI-3/ml dan insektisida pembanding tidak berbeda nyata secara statistik. Perlakuan dengan insektisida fipronil 2 ml/l menyebabkan mortalitas rayap tanah tertinggi (100%) dengan waktu kematian kurang dari 12 JSA.

Gejala pada rayap tanah (*C. curvignathus*) sebelum mengalami kematian berupa gerakannya

yang menjadi lambat, tidak seperti rayap tanah yang masih sehat yaitu bergerak lincah bila disentuh. *C. curvignathus* yang mati terinfeksi NPS tubuhnya menjadi lembek dan terjadi pembengkakan pada bagian abdomennya. Demikian juga terjadi

perubahan warna pada tubuh *C. curvignathus* yaitu menjadi krem kecoklatan kemudian berlanjut menjadi hitam kecoklatan terutama pada bagian abdomennya (Gambar 4).



Gambar 4. Gejala pada rayap tanah yang terinfeksi NPS. (a) Perbandingan antara rayap sehat dan rayap terinfeksi dengan abdomen yang membengkak, dan (b) rayap mati yang tubuhnya menjadi lembek atau hancur

Perubahan warna tubuh *C. curvignathus* dimulai dari bagian kepala hingga keseluruhan bagian tubuh rayap. Terjadinya gejala demikian disebabkan oleh nematoda *Steinernema* sp., yang telah masuk ke dalam bagian pencernaan tubuh *C. curvignathus* dan memakan bagian tubuh organ dalamnya. Waktu kematian *C. curvignathus* yang lebih cepat dikarenakan adanya bakteri *Xenorhabdus* sp. yang bersimbiosis dengan nematoda sehingga bagian organ tubuh *C. curvignathus* menjadi hancur. *C. curvignathus* yang mati akibat *Steinernema* sp. bagian kutikulanya menjadi transparan setelah lebih dari 48 jam terinfeksi *Steinernema* sp. Kematian yang terjadi karena aktivitas enzimatis bakteri *Xenorhabdus* sp. yang menyebabkan hancurnya jaringan tubuh serangga uji menjadi lunak berair dan lama-lama akan lembek dan hancur (Simões, 1996; Djamilah dkk., 2010; Rahardjo *et al.*, 2014).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil eksplorasi dari berbagai lokasi di Provinsi Kalimantan Barat diperoleh nematoda patogen serangga (NPS) dengan berbagai kepadatan populasi. Tingkat mortalitas larva *T. molitor* tertinggi terdapat pada jenis tanah gambut yang diperoleh dari Kabupaten Kubu Raya. Hasil identifikasi berdasarkan gejala serangan *T. molitor* terinfeksi dan morfologi nematoda maka NPS yang diperoleh dari seluruh lokasi pengambilan tanah adalah *Steinernema* sp., sedangkan hasil identifikasi dengan beberapa jenis uji bakteri menunjukkan bahwa bakteri simbion yang berhasil diisolasi adalah *Xenorhabdus* sp. Hasil uji patogenesitas NPS *Steinernema* sp. *indigenous* berasal dari tanah

gambut di Kabupaten Kubu Raya terhadap rayap tanah (*C. curvignathus*) memberikan hasil yang baik. Patogenesitas tertinggi terjadi pada perlakuan 400 JI-3/ml dengan tingkat mortalitas mencapai 97,5% yang tidak berbeda nyata secara statistik dengan termitisida berbahan aktif fipronil konsentrasi 2 ml/l yang mencapai tingkat mortalitas 100% pada waktu kurang dari 12 JSA. Gejala *C. curvignathus* yang terinfeksi *Steinernema* sp. ditandai dengan perubahan warna tubuh, abdomennya bengkak, tubuhnya lembek dan akhirnya tubuh hancur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi serta Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Panca Bhakti Pontianak yang telah memfasilitasi serta memberi dukungan finansial terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, L, BT Rahardjo, dan H Tarno. 2013. Eksplorasi nematoda entomopatogen pada lahan tanaman jagung, kedelai dan kubis di Malang serta virulensinya terhadap *Spodoptera litura fabricius*. Jurnal HPT. 1(2): 1–9.
Banu, JG. 2017. Efficacy of entomopathogenic nematodes against coleopteran pests. In Pp. 174-191. Biocontrol Agents: Entomopathogenic and Slug Parasitic

- Nematodes (MMM Abd-Elgawad, TH Askary, J Coupland, Eds.). CABI. Wallingford.
- Chaerani, Y Suryadi, T Priyatno, D Koswanudin, U Rahmat, dan C Griffin. 2007. Isolasi nematoda patogen serangga *Steinernema* dan *Heterorhabditis*. Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika. 7(1): 1–9. DOI: 10.23960/j.hptt.17%25p.
- Djamilah, Nadrawati, dan M Rosi. 2010. Isolasi *Steinernema* dari tanah pertanaman jagung di Bengkulu Bagian Selatan dan patogenesitasnya terhadap *Spodoptera litura* F. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. 12(1): 34–39. DOI: 10.31186/jipi.12.1.34–39.
- Erdiansyah, I, RY Pratama, T Alif, dan TW Widodo. 2024. Media kultur alternatif in vitro pada nematoda entomopatogen. Gontor Agrotech Science Journal. 10(1): 36–41. DOI: 10.21111/agrotech.v10i1.11599.
- Fukruksa, C, T Yimthin, M Suwannaroj, P Muangpat, S Tandhavanant, A Thanwisai, and A Vitta. 2017. Isolation and identification of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* bacteria associated with entomopathogenic nematodes and their larvicidal activity against *Aedes aegypti*. Parasites and Vectors. 10: 440. DOI: 10.1186/s13071-017-2383-2.
- Gozel, U, and C Gozel. 2016. Entomopathogenic Nematodes in Pest Management. Integrated Pest Management (IPM): Environmentally Sound Pest Management. InTechOpen. DOI: 10.5772/63894.
- Grewal, PS, and R Georgis. 1999. Entomopathogenic nematodes. In Pp. 271–299. Methods in Biotechnology (FR Hall, JJ Menn, Eds.). Humana Press. Totowa.
- Hadioetomo, RS. 1993. Mikrobiologi Dasar dalam Praktek: Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [JDIH BPK] Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum Badan Peneriksa Keuangan. 2019. Undang-Undang No. 22 Tahun 2019 tentang Sistem Budi Daya Pertanian Berkelanjutan. Tersedia online pada: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/123688/uu-no-22-tahun-2019> (diakses 7 Juli 2024)
- Kaya, HK, MM Aguillera, A Alumai, HY Choo, M de la Torre, A Fodor, S Ganguly, S Hazir, T Lakatos, A Pye, M Wilson, S Yamanaka, H Yang, and RU Ehlers. 2006. Status of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria from selected countries or regions of the world. Biological Control. 38(1): 134–155. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2005.11.004.
- Khatoon, H, A Anokhe, and V Kalia. 2022. Catalase test: A biochemical protocol for bacterial identification. AgriCos e-Newsletter. 3(1): 53–55.
- Malik, AF, R Siagian, dan C Subarjah. 2021. Pembiakan Massal Nematoda Entomopatogen *Steinernema* Spp. Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian. Tersedia online pada: <https://ditjenbun.pertanian.go.id/pembiakan-massal-nematoda-entomopatogen-steinernema-spp/> (diakses 3 Juli 2024)
- Marianelli, L, F Paoli, G Torrini, G Mazza, C Benvenuti, F Binazzi, G Sabbatini Peverieri, G Bosio, D Venanzio, E Giacometto, S Priori, AM Koppenhöfer, and PF Roversi. 2017. Entomopathogenic nematodes as potential biological control agents of *Popillia japonica* (*Coleoptera, Scarabaeidae*) in Piedmont Region (Italy). Journal of Applied Entomology. 142(3): 311–318. DOI: 10.1111/jen.12470.
- Nugrohorini. 2010. Eksplorasi nematoda entomopatogen pada beberapa wilayah di Jawa Timur. Jurnal Pertanian Mapeta. 12(2): 132–136.
- Paster, A, I Hendarti, dan TH Ramadhan. 2018. Uji patogenisitas nematoda patogen serangga (*Steinernema carpocapsae*) dari tanah gambut terhadap rayap tanah (*Coptotermes curvignathus*). Perkebunan dan Lahan Tropika. 8(2): 45–54. DOI: 10.26418/plt.v8i2.29797.
- Pawana, C. 2016. Pengukuran Populasi Rayap Tanah *Macrotermes gilvus* Dan Teknik Pengendaliannya Menggunakan Termitisida Berbahan Aktif Fipronil Pada Perkebunan Kelapa Sawit Milik Rakyat Di Kabupaten Mesuji Lampung. [Skripsi]. Institut Agama Islam Negeri Raden Intan. Lampung.
- Pratita, MYE, dan SR Putra. 2012. Isolasi dan identifikasi bakteri termofilik dari sumber mata air panas di Songgoriti setelah dua hari inkubasi. Jurnal Teknik Pomits. 1(1): 1–5.
- Qodiriyah. 2015. Agens Pengendali Hayati Ramah Lingkungan Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp., dan *Steinernema* sp., sebagai Pengendali Hama Rayap Tanah *Coptotermes* sp., dan *Microtermes* sp., di

- Kabupaten Lumajang. [Skripsi] Universitas Jember. Jember.
- Rahardjo, BT, H Tarno, dan L Afifah. 2014. Efikasi nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. isolat lokal terhadap diamond back moth *Plutella xylostella*. Jurnal HPT. 2(2): 1–8.
- Safitri, M, E Ratnasari, dan R Ambarwati. 2013. Efektivitas *Steinernema* sp., dalam pengendalian hama serangga tanah pada berbagai tekstur tanah. Lentera Bio. 2(1): 25–31.
- Simões, N, dan JS Rosa. 1996. Pathogenicity and host specificity of entomopathogenic nematodes. Biocontrol Science and Technology. 6(3): 403–411. DOI: 10.1080/09583159631370.
- Sitorus, RA, R Ekawati, dan R Muningsih. 2024. Analisis intensitas serangan hama rayap (*Coptotermes Curvignathus*) pada tanaman menghasilkan kelapa sawit di jenis lahan yang berbeda. Agribios. 22(1): 21–31. DOI: 10.36841/agribios.v22i1.4591.
- Sopialena, A Sahid, dan NST Rugian. 2021. Pengendalian hama penting tanaman padi menggunakan jamur *Beauveria bassiana* Bals. Agrifor. 20(1): 25–34. DOI: 10.31293/agrifor.v20i1.4875.
- Suyadi, Rosfiansyah, J Nurdiana, A Suryadi, Sopialena dan S Waluyo. 2017. Studi genera nematoda entomopatogen pada lahan lebak padi sawah (*Oryza sativa* L.) di Kecamatan Muara Wis Kabupaten Kutai Kartanegara. Prosiding Konferensi Antar Bangsa Islam Borneo Ke-10. 25–26 September 2017. Universitas Mulawarman. Samarinda. Hlm. 500–506.
- Tomar, P, N Thakur, AK Sidhu, BA Laskar, A Hashem, GD Avila-Quezada, and EF Abd-Allah. 2023. The isolation, identification, and insecticidal activities of indigenous entomopathogenic nematodes (*Steinernema carpocapsae*) and their symbiotic bacteria (*Xenorhabdus nematophila*) against the larvae of *Pieris brassicae*. Horticulturae. 9(8): 847. DOI: 10.3390/horticulturae9080874.