

DOI 10.36722/sst.v%vi%i.809

Patogenitas Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* spp. Terhadap Larva *Spodoptera litura*

Hawwa' Cahya Maulida¹, Saiku Rokhim¹, Erna Zahro'in²

¹Program studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Jl. Ahmad Yani No.177, Surabaya, 60237

²Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan Surabaya, Jl. Raya Mojoagung No.52 Mojoagung, Jombang, 61482

Penulis untuk Korespondensi/E-mail: hawwacahya@gmail.com

Abstract – *Spodoptera litura* is a pest in vegetable plants that attacks the leaves and stems. Damage arising from the attack of *S. litura* can decrease the productivity of plants. Synthetic pesticides are often used in controlling the population of *S. litura*, but synthetic pesticides have a high negative impact. Potential entomopathogenic nematode *Heterorhabditis* spp. believed to be effective for controlling pest populations. This study aims to find out the pathogenic value of entomopathogenic nematode *Heterorhabditis* spp. to the larvae of *S. litura*. Based on the results obtained *Heterorhabditis* spp. has a positive influence in causing mortality in the larvae of *S. litura*. *Heterorhabditis* spp. mortality of up to 42%. Symptoms indicated by larvae of *S. litura* affected by *Heterorhabditis* spp. among them the behavior becomes passive, the body becomes flaccid, the cuticle turns red and the tissues inside the body are destroyed. Obtained pathogenicity value Lc 50 *Heterorhabditis* spp. 7,690 IJ/ml, as for the factors affecting *Heterorhabditis* spp. such as humidity, temperature, pH, and light intensity.

Abstrak - *Spodoptera litura* merupakan hama pada tanaman sayur yang menyerang bagian daun dan batang. Kerusakan yang timbul akibat serangan *S. litura* dapat menurunkan produktifitas tanaman. Pestisida sintetik sering digunakan dalam mengontrol populasi *S. litura*, akan tetapi pestisida sintetik mempunyai dampak negatif yang tinggi. Potensi nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* spp. diyakini efektif untuk mengendalikan populasi hama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai patogenitas nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* spp. terhadap larva *S. litura*. Berdasarkan hasil yang diperoleh *Heterorhabditis* spp. mempunyai pengaruh yang positif dalam menimbulkan mortalitas pada larva *S. litura*. *Heterorhabditis* spp. dapat menimbulkan mortalitas hingga 42%. Gejala yang ditunjukkan larva *S. litura* yang terserang *Heterorhabditis* spp. diantaranya perilaku menjadi pasif, tubuh menjadi lembek, kutikula berubah warna menjadi merah dan jaringan didalam tubuh hancur. Diperoleh nilai patogenitas Lc 50 *Heterorhabditis* spp. sebesar 7.690 IJ/ml, adapun faktor yang mempengaruhi *Heterorhabditis* spp. seperti kelembaban, suhu, pH dan intensitas cahaya.

Keywords – Entomopathogenic Nematodes, Pathogenicity, *Spodoptera litura*

PENDAHULUAN

Spodoptera litura atau ulat grayak merupakan hama yang mempunyai jangkauan tanaman yang luas, terlebih pada tanaman sayuran. Tanaman yang terserang *S. litura* mempunyai gejala kerusakan seperti batang dan daun berlubang, sobek hingga tersisa epidermis dan tulang daun saja. Kerusakan yang ditimbulkan ini akan berakibat pada penurunan produktifitas tanaman dan kegagalan panen [1].

Fase hidup *S. litura* termasuk kedalam metamorfosis sempurna, yaitu mengalami stadia telur, larva, pupa dan imago [2].

Spodoptera litura dapat menghasilkan telur sebanyak 3000 butir yang akan menetas setelah 3-5 hari. Stadium Larva pada *S. litura* terbagi menjadi lima instar dengan warna tubuh hijau muda dengan bagian sisi berwarna coklat tua pada instar awal. Pada saat instar akhir terdapat corak kalung

berbentuk bulan sabit dengan warna hitam pada segmen abdomen keempat dan kesepuluh. Tingkat nafsu makan *S. litura* pada stadia instar sangat tinggi terlebih saat menginjak instar 3. Larva *S. litura* akan mengalami fase pupa selama 8-11 hari dengan warna pupa coklat kemerahan. Pupa kemudian menetas menjadi imago atau ngengat. Imago *S. litura* mempunyai warna sayap coklat pada bagian depan dan putih keperakan dibagian sayap belakang dengan motif berak-bercak kehitaman [2].

Penggunaan pestisida sintetis merupakan salah satu upaya untuk mengendalikan populasi *S. litura*, akan tetapi pestisida sintetis mempunyai dampak negatif yang besar. Penggunaan pestisida sintetis yang berlebihan dan tidak sesuai dosis akan meningkatkan resistensi hama. Selain itu juga berdampak buruk bagi lingkungan dan makhluk hidup di sekitarnya [3]. Melihat besarnya dampak negatif yang ditimbulkan pestisida sintetis maka berkembanglah inovasi baru berupa agen pengendali hayati. Agen pengendali hayati merupakan makhluk hidup yang dimanfaatkan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman, karena mempunyai kemampuan menimbulkan mortalitas pada makhluk hidup lain. Salah satu contoh dari APH adalah nematoda entomopatogen [4].

Nematoda entomopatogen berasal dari 2 genus yaitu *Heterorhabditis* spp. dan *Steinernema* spp. Kedua genus NEP tersebut dapat menimbulkan mortalitas pada larva serangga dengan bantuan bakteri yang terkandung dalam intestinumnya. Nematoda *Heterorhabditis* spp. bersimbion dengan bakteri *Photorhabdus* spp. sedangkan *Steinernema* spp. bersimbion dengan bakteri *Xenorhabdus* spp. [5]. Hubungan NEP dan bakteri simbiosis termasuk kedalam simbiosis mutualisme. Nematoda entomopatogen memperoleh lingkungan yang mendukung untuk berkembangbiak serta nutrisi yang tercukupi dari jaringan larva yang hancur. Bakteri simbiosis menggunakan NEP sebagai media untuk mendapatkan inang tanpa dipengaruhi faktor lingkungan yang kurang mendukung [6].

Penggunaan NEP sebagai pengendali hayati dinilai lebih efektif, karena tidak menimbulkan resisten pada hama, tidak mencemari lingkungan serta aman bagi mamalia. Selain itu NEP mampu menginfeksi inang secara cepat, berkisar antara 24-48 jam setelah aplikasi [7]. Nematoda entomopatogen juga mempunyai jangkauan inang yang luas, khususnya pada ordo Lepidoptera. Selain itu juga dapat efektif di beberapa ordo Coleoptera dan Diptera [8]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai

patogenitas nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* spp. terhadap larva *S. litura*

METODE

Desain, Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2019 bertempat di Laboratorium Bakteriologi Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya. Penelitian ini termasuk ke dalam penelitian eksperimental dengan rancangan acak lengkap. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pemberian perlakuan berupa konsentrasi nematoda entomopatogen, sedangkan variabel terikatnya adalah mortalitas dari larva *S. litura*. Terdapat 5 perlakuan dengan 4 kali ulangan, adapun pemberian perlakuan diantaranya 0 IJ/ml (P0), 100 IJ/ml (P1), 200 IJ/ml (P2), 250 IJ/ml (P3) dan 300 IJ/ml (P4).

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah cawan petri berdiameter 9 cm, beaker glass, kertas saring, pinset, mikro pipet, pipet tetes, plastik wrap dan label. Sedangkan bahan yang digunakan adalah nematoda *Heterorhabditis* spp. yang dikembang biakan secara *in vivo* oleh Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya, Larva *S. litura* instar 3 yang dikembangbiakkan oleh Balai Penelitian Pemanis dan Serat (BALITAS) Malang, akuades steril dan alkohol 70 %.

Tahapan Penelitian

Larva *S. litura* instar 3 sebanyak 10 ekor dimasukan kedalam cawan petri kecil yang telah diisi dengan kertas saring. Nematoda entomopatogen kemudian diaplikasikan sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan. Dilakukan pengamatan pada 24 JSA, 48, JSA, 72 JSA, 96 JSA dan 120 Jam setelah aplikasi. Adapun parameter pengamatan diantaranya, gejala larva *S. litura* terserang *Heterorhabditis* spp., persentase mortalitas larva *S. litura* dan nilai patogenitas nematoda.

Pengamatan gejala serangan NEP *Heterorhabditis* spp. dilakukan secara makroskopis dengan melihat perubahan perilaku, bentuk tubuh dan warna pada larva *S. litura* Persentase mortalitas larva *S. litura* yang mati dihitung menggunakan rumus sebagai berikut,

$$\text{Mortalitas} = \frac{\sum \text{larva yang mati}}{\sum \text{larva uji}} \quad (1)$$

Apabila terjadi kematian pada perlakuan kontrol yang tidak lebih dari 20% maka dilakukan perhitungan menggunakan rumus Abbot berikut ini,

$$Pt = \frac{Po - Pc}{100 - Pc} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

Pt = Banyaknya larva yang mati setelah dikoreksi

Po = Persentase banyaknya larva yang mati pada perlakuan

Pc = Persentase banyaknya larva yang mati pada control

Data persentase mortalitas yang telah diperoleh kemudian di olah menggunakan analisis probit guna menentukan nilai patogenitas Lc 50 nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* spp. terhadap larva *S. litura*

Pengolahan dan Analisis Data

Data yang diperoleh merupakan nilai mortalitas pada larva *S. litura*. Data kemudian diuji secara statistik menggunakan Software SPSS 25. Dikarenakan data yang diperoleh tidak terdistribusi normal dan tidak homogen maka akan diuji secara non parametrik menggunakan uji Kruskal-Wallis dan Mann-Whitney. Uji Kruskal-Wallis dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian NEP *Heterorhabditis* spp. terhadap mortalitas *S. litura* sedangkan uji Mann Whitney untuk mengetahui konsentrasi yang paling berpengaruh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala Serangan NEP *Heterorhabditis* spp. Terhadap Larva *S. litura*

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pengaplikasian *Heterorhabditis* spp. membuat *S. litura* berubah menjadi hiperaktif dan selang beberapa lama menjadi lebih pasif. Hal ini dikarenakan nematoda entomopatogen mulai menginfeksi tubuh *S. litura*. Perilaku pasif menunjukkan adanya penurunan metabolisme pada *S. litura* karena hancurnya jaringan didalam tubuh [9]. Gejala lain yang terlihat adalah perubahan warna kutikula menjadi merah kehitaman, tubuh menjadi lunak, jaringan tubuh hancur hingga tersisa epidermis saja. Gejala yang terlihat ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [6] bahwa larva serangga yang terinfeksi NEP *Heterorhabditis* spp. akan berubah warna menjadi merah kehitaman, tekstur tubuh menjadi lunak dan jaringan hancur.



Gambar 1. Larva *S. litura* mati akibat *Heterorhabditis* spp.

Nematoda *Heterorhabditis* spp. Masuk kedalam tubuh *S. litura* dengan melakukan penetrasi melalui lubang-lubang alami seperti mulut, spirakel dan anus. Selain itu dapat pula masuk melewati kutikula dan epidermis, hal ini dikarenakan nematoda *Heterorhabditis* spp. mempunyai tonjolan gigi dorsal pada bagian anterior yang dapat merobek epidermis ataupun kutikula pada larva *S. litura* ([7]; [10]) Ketika penetrasi, terjadi perubahan perilaku larva *S. litura* menjadi bergerak tidak beraturan. Perilaku ini juga terlihat pada penelitian yang dilakukan oleh [9] yang mengaplikasikan NEP ke larva *O. rhinoceros*, dimana perilaku larva *O. rhinoceros* berubah menjadi hiperaktif setelah pengaplikasian nematoda entomopatogen. Perilaku tersebut menunjukkan adanya perlawanan oleh *S. litura* dalam menghadapi infeksi *Heterorhabditis* spp. Sistem imun *S. litura* akan membentuk sebuah kapsul terbuat dari hemosit yang akan mengurung *Heterorhabditis* spp. Nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* spp dapat bertahan dengan mengeluarkan enzim ekstraseluler untuk mengurangi jumlah hemosit serangga ([9]; [10]).

Ketika *Heterorhabditis* spp. telah sampai di hemocoel selanjutnya *Heterorhabditis* spp. akan mengeluarkan bakteri simbion yang terkandung dalam intesitum. Bakteri simbion *Photorhabdus* spp. selanjutnya menghasilkan entomotoksin berupa protease, lipase, DNase, lipopolisakarida, lechitinase dan sisa hasil metabolisme yang berakibat pada rusaknya jaringan tubuh. Rusaknya jaringan tubuh ini akan berakibat pada kematian larva [11]. Entomotoksin yang dihasilkan *Photorhabdus* spp. juga berakibat pada perubahan warna kemerahan pada kutikula larva yang terserang NEP *Heterorhabditis* spp. Perubahan tersebut terjadi karena bakteri simbion *Photorhabdus* spp. Mempunyai kemampuan bioluminescence, yaitu dapat memancarkan cahaya [12].

Presentase Mortalitas Larva *S. litura*

Dapat dilihat dalam Tabel 1. Pada 24 jam setelah aplikasi menunjukkan adanya mortalitas pada *S. litura* perlakuan P4 (300 IJ/ml) sebanyak 5 %, sedangkan pada perlakuan lainnya masih belum terjadi mortalitas. Pada 48 jam setelah aplikasi mortalitas terjadi pada perlakuan P3 sebesar 12%, pada perlakuan P4 mortalitas tidak bertambah yaitu 5%. Pada perlakuan P0, P1 dan P2 belum terlihat mortalitas. Hasil mortalitas yang diperoleh membuktikan bahwa pengaplikasian nematoda *Heterorhabditis* spp. dapat menimbulkan mortalitas setelah 24-48 jam setelah aplikasi, yang berarti dalam kurun waktu tersebut NEP *Heterorhabditis* spp sudah berada dalam hemochoel serangga dan mengeluarkan bakteri simbion [5].

Tabel 1. Persentase Mortalitas Larva *S. litura*

Perlakuan	Mortalitas %				
	24 JSA	48 JSA	72 JSA	96 JSA	120 JSA
P0	0	0	0	0	0
P1	0	0	0	0	14
P2	0	0	0	0	16
P3	0	12	28	30	42
P4	5	5	5	5	10

Pada 72 jam setelah aplikasi hanya perlakuan P3 yang mengalami penambahan mortalitas menjadi 28%. Mortalitas pada perlakuan P4 tetap pada 5% dan P0, P1 serta P2 tetap pada 0%. Belum terjadinya mortalitas pada perlakuan P1 dan P2 dikarenakan terdapat sistem imun serangga yang memberikan perlawanan terhadap infeksi nematoda. Sehingga nematoda tidak bisa mencapai hemochoel untuk mengeluarkan bakteri simbion [9]. Pada 96 jam setelah aplikasi mortalitas juga tidak mengalami perubahan yang signifikan hanya pada perlakuan P3 saja yang mengalami penambahan menjadi 30%.

Setelah 120 jam setelah aplikasi terlihat mortalitas yang terjadi pada semua perlakuan kecuali perlakuan P0 (kontrol) sebesar 0%. Terlihat perlakuan P1 terjadi mortalitas 14% dan P2 sebesar 16%. Pada perlakuan P3 dan P4 mengalami penambahan kembali, yaitu P3 menjadi 42% dan P4 menjadi 10%. Nilai mortalitas lebih besar terlihat pada perlakuan P3 (250 IJ/ml) daripada perlakuan P4 (300 IJ/ml), selain menghadapi sistem imun serangga nematoda juga dihadapkan oleh kompetisi antar individu. Semakin banyak jumlah nematoda yang diaplikasikan maka semakin besar juga persaingan antar individu dalam memperebutkan makanan dan tempat tinggal. Sehingga mengakibatkan kematian pada nematoda *Heterorhabditis* spp. [13]. Hasil

yang sama diperoleh pada penelitian [14] yang mendapatkan hasil, konsentrasi 750IJ menimbulkan nortalitas lebih banyak daripada konsentrasi 1000 IJ/m yaitu sebesar 45,60%

Dari uji statistik non parametrik didapatkan hasil nilai Sig 2 tail uji Kruskal-Wallis sebesar 0,025 atau kurang dari 0,05, apabila nilai sig kurang dari maka terdapat pengaruh dalam pengaplikasian NEP *Heterorhabditis* spp. Terhadap mortalitas *S. litura*. Dikarenakan terdapat pengaruh maka dilanjutkan dengan uji Mann Whitney.berikut ini hasil dari uji Mann Whitney,

Tabel 2. Hasil Uji Mann Whitney

	P0	P1	P2	P3	P4
P0					
P1	0,136				
P2	0,136	0,906			
P3	0,005*	0,049*	0,107		
P4	0,136	0,906	0,013*	0,013*	

Berdasarkan hasil uji Mann Whitney (Tabel 2) terdapat beberapa perlakuan yang mempunyai pengaruh signifikan dalam menimbulkan mortalitas larva *S. litura*, yaitu perlakuan yang ditandai dengan adanya tanda bintang pada bagian akhir angka. Adapun perlakuan tersebut diantaranya, P0:P3; P1:P3; P2:P4 dan P3:P4. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Lc 50 menggunakan analisis probit

Uji Patogenitas NEP *Heterorhabditis* spp. Terhadap Larva *S. Litura*

Nilai *lethal concentration* 50 (Lc50) merupakan konsentrasi yang dapat menyebabkan mortalitas 50% dari total larva uji. Berdasarkan hasil analisis probit didapatkan nilai Lc 50 sebesar 7,690 IJ/ml. Penentuan Nilai Lc50 dimaksudkan agar NEP *Heterorhabditis* spp. yang diaplikasikan dapat efektif mengontrol populasi *S. litura* konsentrasi yang berlebihan akan mengakibatkan terjadinya kompetisi antar individu. Selain itu nematoda merupakan makhluk hidup yang dapat berkembang biak sehingga mempunyai sifat yang berkelanjutan [13].

Adapun faktor yang dapat mempengaruhi kinerja NEP *Heterorhabditis* spp. adalah kelembaban, suhu, cahaya dan *Ph*. Nematoda entomopatogen dapat menjangkau inang dengan bantuan air apabila kelembaban pada lingkungan sekitar rendah maka NEP akan kesulitan dalam menjangkau inang [15]. Suhu lingkungan yang dapat membantu NEP menjangkau inang berkisar antara 8-35°C dan

optimal pada suhu 25°C. Apabila suhu lingkungan tinggi akan menyebabkan nematoda mati, sedangkan suhu yang terlalu rendah akan menyebabkan nematoda inaktif ([16]; [17]). Nematoda entomopatogen juga sensitif akan sinar uv pada sinar matahari langsung, hal ini akan menyebabkan penurunan aktivitas. Dalam pengaplikasian nematoda sebaiknya dilakukan pada saat sore hari dimana sinar matahari tidak terlalu terang. *Ph* optimal yang dimiliki NEP berkisar antara 7-8, viabilitas nematoda entomopatogen akan menurun apabila *Ph* terlalu asam atau basa ([7]; [14]; [18]).

KESIMPULAN

Pengaplikasian *Heterorhabditis* spp. mempunyai hasil yang positif terhadap mortalitas larva *S. litura*. Larva *S. litura* yang terserang *Heterorhabditis* spp. menunjukkan perilaku pasif, perubahan warna kutikula menjadi kemerahan, tubuh menjadi lunak dan jaringan dalam hancur. Nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* spp. dapat menimbulkan mortalitas dari 24 jam setelah aplikasi, dengan nilai mortalitas tertinggi sebesar 43% pada perlakuan P4. Didapatkan nilai patogenitas *Lethal concentration 50* (Lc 50) sebesar 7.690 IJ/ml.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Ibu Erna Zahro'in yang telah membimbing dan memberikan Dana dalam penelitian ini. Penulis juga berterimakasih kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

REFERENSI

- [1] F. Dwimartina, R. Rostaman, dan L. Soesanto, "Keefektifan Bakteri *Serratia Endosymbion* WBC Terhadap Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) Di Laboratorium Entomologi BBPOPT Jatisari Karawang," *Agro Wiralodra*, vol. 3, no. 1, hal. 29–35, 2020, doi: 10.31943/agrowiralodra.v3i1.39.
- [2] Z. A. Amin, T. Wardhani, dan S. Pratamaningtyas, "Pengaruh Metode Maserasi Jazzar Dan Balafif Dalam Memperoleh Ekstrak Air Daun Mindi (*Melia azedarach* L.) Sebagai Insektisida Botani Pada Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.)," *J. Pertan.* 2016, vol. 10, no. 2, hal. 110–121, 2016.
- [3] Badaruddin, D. Fitriyanti, dan Susilawati, "Pelatihan Pembuatan Pestisida Hayati Ramah Lingkungan Di Kampung Sayur Kelurahan Landasan Ulin Utara Banjarbaru," in *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2020, vol. 2, hal. 15–20.
- [4] A. Ibrahim, Yulistiawati A.S. Jasil, A. Rosyad "Agen Hayati Pemacu Pertumbuhan Dan Pengendali Penyakit Tertular Benih Beberapa Tanaman Pangan Dan Hortikultura," *Bul. Inov. Pertan. Spesifik Lokasi*, vol. 6 no. 2, hal. 169–76, 2019.
- [5] H. Afifah, L., Rahardjo B.T. dan Tarno, "Eksplorasi Nematoda Entomopatogen pada Lahan Tanaman Jagung, Kedelai, dan Kubis di Malang serta Virulensinya terhadap *Spodoptera litura* Fabricius," *J. HPT*, vol. 1, no. 2, hal. 1–9, 2013.
- [6] Suyadi, Rosfiansyah, J. Nurdiana, A. Suryadi, Sopialema dan S.Waluyo "Studi Genera Nematoda Entomopatogen Pada Lahan Lebak Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) Di Kecamatan Muara Wis Kabupaten Kutai Kartanegara," in *Konferensi Antarabangsa Islam Borneo Ke-10 2017*, 2017, September, hal. 500–507.
- [7] G. Indriati and I. Trisawa, "Nematoda Patogen Serangga *Heterorhabditis* spp. Untuk Pengendalian Hama Penggerek Batang Lada," *J. Ind. Beverage Crop.*, vol. 2, no. 3, hal. 291–296, 2011.
- [8] W. Widayati, "Uji Efikasi Nematoda Entomopatogen Pada Hama Tanaman Cabai," *Agritrop J. Ilmu-Ilmu Pertan.*, hal. 63–66, 2012.
- [9] S. Khairunnisa, M. I. Pinem. dan F. Zahra "Uji Efektifitas Nematoda Entomopatogen Sebagai Pengendali Penggerek Pucuk Kelapa Sawit (*Oryctes rhinoceros* L.) (Coleoptera: Scarabidae) Di Laboratorium," *J. Online Agroekoteknologi*, vol. 2, no. 2, hal. 1–2, 2014.
- [10] B. T. Rahardjo, H. Tarno, and L. Afifah, "Efikasi Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. isolat Lokal Terhadap Diamond Back Moth *Plutella xylostella*," *J. HPT*, vol. 2, no. 2, hal. 1–8, 2014.
- [11] S. Shan. H. Ma, Y. Li, C. Huang, X. Gu, Z. Jiang, B. Sun, C. Chen, X. Wei, G. Shen. D. Shapiro-Ilan dan W. Ruan., "Metabolites From Symbiotic Bacteria Of Entomopathogenic Nematodes Have Antimicrobial Effects Against *Pythium myriotylum*," *Eur. J. Plant Pathol.*, vol. 158, no. 1, pp. 35–44, 2020, doi: 10.1007/s10658-020-02053-2.
- [12] F. L. Inman, S. Singh, dan L. D. Holmes, "Mass Production of the Beneficial Nematode

- Heterorhabditis bacteriophora and Its Bacterial Symbiont Photorhabdus luminescens,” *Indian J. Microbiol.*, vol. 52, no. 3, pp. 316–324, 2012, doi: 10.1007/s12088-012-0270-2.
- [13] P. Widiyaningrum, N. dan Subekti, dan B. Priyono, “Uji Patogenitas Nematoda Entomopatogen Isolat Semarang Steinernema sp Pada Rayap Tanah *Macrotermes* sp,” in *Prosiding Semnas Hasil Penelitian.*, 2016, hal. 178–182.
- [14] A. B. Satria, P. Widiyaningrum, and S. Ngabekti, “Viabilitas Dua Isolat Lokal Nematoda Entomopatogen pada Berbagai Variasi pH,” *Life Sci.*, vol. 7, no. 1, hal. 9–15, 2018.
- [15] M. Zart *et al.*, “Performance of Entomopathogenic Nematodes On The Mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) And The Compatibility Of Control Agents With Nematodes,” *J. Nematol.*, vol. 53, pp. 1–10, 2021, doi: 10.21307/JOFNEM-2021-020.
- [16] M. Lortkipanidze, K. Hwseynov, M. Kokhia, O. Gorgadze, and M. Kuchava, “Effect of Temperature on the Virulence of Entomopathogenic Nematodes,” *Adv. Ecol. Environ. Res.*, pp. 32–38, 2019.
- [17] I. G. A. A. Indrayani and S. dan Chaerani, “Patogenisitas Nematoda Entomopatogen Terhadap Hama Uret Tebu *Lepidiota stigma* (Coleoptera : Scarabaeidae),” *Bul. Plasma Nutfah*, vol. 24, no. 2, hal. 83–88, 2018.
- [18] D. R. Indriyanti, N. F. Awalliyah, and P. Widiyaningrum, “Perbanyakan Nematoda Entomopatogen (Nep) Pada Berbagai Media Buatan Entomopathogenic Nematodes (Enps) Rearing,” *Saintek J. Sains Dan Teknol.*, vol. 13, hal. 9–16, 2015.