

**UJI EFEKTIVITAS NEMATODA ENTOMOPATOGEN (NEP) ISOLAT
LOKAL LAMONGAN TERHADAP LARVA
*Spodoptera litura***

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun oleh:

**ZULAIHAH
H71218036**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2022**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Zulaihah

NIM : H71218036

Progam Studi : Biologi

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: **“UJI EFEKTIVITAS NEMATODA ENTOMOPATOGEN (NEP) ISOLAT LOKAL LAMONGAN TERHADAP LARVA *Spodoptera litura*”**. Apabila disuatu saat saya terbukti melakukan plagiat, saya bersedia menerima sanksi yang telah ditentukan.

Demikian pernyataan yang saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 24 Juni 2022

Yang menyatakan,



Zulaihah
H71218036

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

UJI EFEKTIVITAS NEMATODA ENTOMOPATOGEN (NEP) ISOLAT LOKAL LAMONGAN TERHADAP LARVA *Spodoptera litura*

Diajukan Oleh:

ZULAIHAH
NIM: H71218036

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan
Di Surabaya, Rabu 15 Juni 2022

**Dosen Pembimbing
Utama**



Irul Hidayati, M.Kes.
NIP.198102282014032001

**Dosen Pembimbing
Pendamping**



Saiful Bahri, M.Si.
NIP.198804202018021002

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi Zulaihah Ini Telah Dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
di Surabaya, Jumat 24 Juni 2022

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I



Irul Hidayati, M.Kes.
NIP.198102282014032001

Penguji II



Saiful Bahri, M.Si.
NIP.198804202018021002

Penguji III



Esti Tyastirin, M.KM.
NIP : 198706242014032001

Penguji IV



Funsu Andiarna, M.Kes.
NIP.198710142014032002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. H. Asepul Hamdani, M.Pd.
NIP : 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Zulaihah
NIM : H71218036
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ BIOLOGI
E-mail address : zulyikha36@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Uji Efektivitas Nematoda Entomopatogen (NEP) Isolat Lokal Lamongan

Terhadap Larva *Spodoptera litura*.

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, Juli 2022

Penulis

(ZULAIHAH)

ABSTRAK
UJI EFEKTIVITAS NEMATODA ENTOMOPATOGEN (NEP)
ISOLAT LOKAL LAMONGAN TERHADAP LARVA
Spodoptera litura

S. litura merupakan salah satu hama yang dapat menyerang berbagai macam tanaman pertanian hingga mengalami kerusakan. Pengendalian hama oleh petani dapat dilakukan dengan insektisida kimia, fisika maupun biologi atau hayati. Insektisida kimia dapat menimbulkan dampak negatif sedangkan pengendalian hayati aman bagi lingkungan. Nematoda entomopatogen merupakan agens pengendali hayati yang berpotensi untuk mengendalikan hama *S. litura*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas nematoda entomopatogen isolat lokal Lamongan terhadap larva *S. litura*. Penelitian dilakukan di Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 kelompok perlakuan konsentrasi dan 8 waktu pengamatan. Nematoda entomopatogen diisolasi dari sampel tanah jagung Lamongan menggunakan *Tenebrio molitor*. Nematoda entomopatogen selanjutnya diperbanyak secara *in vivo*. Uji efektivitas dilakukan dengan pemberian 5 konsentrasi yang berbeda dan setiap perlakuan dilakukan sebanyak 5 kali ulangan. Mortalitas *S. litura* diamati selama 12 sampai 120 jam setelah aplikasi. Hasil penelitian ini diperoleh kutikula *T. molitor* mengalami perubahan warna menjadi coklat karamel. Sedangkan morfologi nematoda entomopatogen mempunyai kepala halus tidak berkait, tidak mempunyai stilet, dan berekor runcing. Berdasarkan hal tersebut membuktikan bahwa nematoda entomopatogen hasil isolasi berasal dari genus *Steinernema*. Hasil uji efektivitas menunjukkan nilai LC 50 sebesar 149 IJ/ml dan LT 50 sebesar 194 JSA, maka dari hasil ini membuktikan bahwa nematoda entomopatogen isolat lokal lamongan mampu dan efektif menyebabkan mortalitas larva *S. litura*.

Kata Kunci : *S. litura*, Nematoda entomopatogen, Efektivitas, Isolat, *T. molitor*

ABSTRACT
EFFECTIVENESS TEST OF ENTOMOPATHODE
NEMATODE (NEP) LOCAL LAMONGAN ISOLATE
AGAINST *Spodoptera litura* LARVAE

S. litura is one of the pests that can attack various kinds of agricultural crops until they are damaged. Pest control by farmers can be done with chemical, physical or biological or biological insecticides. Chemical insecticides can have a very large negative impact, while biological control is safe for the environment and is indispensable. Entomopathogenic nematodes are potential biological control agents to control *S. litura* pests. This study aimed to determine the effectiveness of entomopathogenic nematodes from local isolates of Lamongan against *S. litura* larvae. The research was conducted at the Plantation Plant Protection Seed Center (BBPPTP) Surabaya. This study used a completely randomized design (CRD) with 5 concentration treatment groups and 8 observation times. The entomopathogenic nematodes were isolated from Lamongan corn soil samples using *Tenebrio molitor*. The entomopathogenic nematodes were further propagated in vivo. The effectiveness test was carried out by giving 5 different concentrations and each treatment was carried out 5 times. *S. litura* mortality was observed for 12 to 120 hours after application. The results of this study showed that the cuticle of *T. molitor* changed color to caramel brown. While the morphology of entomopathogenic nematodes had smooth heads that were not hooked, did not have a stylet, and had a pointed tail. Based on this, it was proved that the isolated entomopathogenic nematodes were from the genus *Steinernema*. The results of the effectiveness test showed that the LC 50 value was 149 IJ/ml and LT 50 was 194 JSA, so from these results it proved that the entomopathogenic nematodes of local isolates of Lamongan were able and effective in causing mortality of *S. litura* larvae.

Keywords: *S. litura*, Nematodes Entomopathogens, Effectiveness, Isolate, *T. molitor*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Penelitian	7
1.6 Hipotesis Penelitian.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.1 Ulat Grayak (<i>S. litura</i> F.)	8
2.1.1 Klasifikasi Ulat Grayak (<i>S. litura</i> F.)	8
2.1.2 Morfologi Ulat Grayak (<i>S. litura</i> F.)	8
2.1.3 Siklus Hidup Ulat Grayak (<i>S. litura</i> F.).....	11
2.1.4 Habitat dan Penyebaran Ulat Grayak (<i>S. litura</i> F.).....	15
2.1.5 Gejala Serangan Ulat Grayak (<i>S. litura</i> F.)	15
2.1.6 Tanaman Inang Ulat Grayak (<i>S. litura</i> F.).....	16
2.2 Nematoda Entomopatogen (NEP)	16
2.2.1 Klasifikasi Nematoda Entomopatogen	16
2.2.2 Morfologi Nematoda Entomopatogen	18
2.2.3 Siklus Hidup Nematoda Entomopatogen.....	19

2.2.4 Bakteri Simbion	20
2.2.5 Mekanisme Infeksi dan Perkembangbiakan NEP Secara <i>In Vivo</i>	20
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian	24
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	25
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3.1 Alat Penelitian	27
3.3.2 Bahan Penelitian	27
3.4 Variabel Penelitian	28
3.5 Prosedur Penelitian	28
3.5.1 Sterilisasi	28
3.5.2 Eksplorasi (pencarian sampel tanah)	28
3.5.3 <i>Baiting</i> (Pengumpanan)	30
3.5.4 Identifikasi Nematoda Entomopatogen (NEP)	30
3.5.5 Perbanyak NEP Secara <i>In Vivo</i>	31
3.5.6 Uji Pendahuluan	32
3.5.7 Uji Efektivitas	34
3.6 Parameter	36
3.7 Analisis Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Dekripsi Lahan	38
4.2 Isolasi dan Identifikasi NEP	41
4.3 Kerapatan NEP	44
4.4 Pengaruh Nematoda Entomopatogen Terhadap Mortalitas Larva <i>S. litura</i>	45
4.5 Efektivitas Nematoda Entomopatogen	51
BAB V PENUTUP	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian	24
Tabel 3.2 Agenda Pelaksanaan Penelitian	25
Tabel 3.3 Hasil uji pendahuluan NEP terhadap <i>S. litura</i>	33
Tabel 4.1 Hasil analisis sampel tanah	39
Tabel 4.2 Rata-Rata Persentase Mortalitas Larva <i>S. Litura</i>	46
Tabel 4.3 Uji <i>Kruskal-wallis</i> NEP terhadap <i>S. litura</i>	49
Tabel 4.4 Hasil uji <i>Mann whitney</i> NEP terhadap <i>S. litura</i>	50
Tabel 4.5 <i>Lethal Concentration</i> dan <i>Lethal Time</i> Larva <i>S. litura</i>	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Larva <i>S. litura</i> F. instar I baru menetas	9
Gambar 2.2 Larva <i>S. litura</i> F instar II	9
Gambar 2.3 Larva <i>S. litura</i> F. instar III	10
Gambar 2.4 Larva <i>S. litura</i> F. instar IV	10
Gambar 2.5 Larva <i>S. litura</i> F. instar V	10
Gambar 2.6 Larva <i>S. litura</i> F. instar VI	11
Gambar 2.7 Sekelompok telur imago betina yang tertutupi bulu-bulu dan telur yang akan menetas	11
Gambar 2.8 Larva baru menetas dan larva instar 5	12
Gambar 2.9 Pra-pupa dan pupa <i>S. litura</i> F	14
Gambar 2.10 Imago <i>S. litura</i> betina dan jantan	14
Gambar 2.11 Gejala serangan <i>S. litura</i> instar- 1-3 dan gejala serangan <i>S. litura</i> instar-4-6.	16
Gambar 2.12 Morfologi <i>Steinernema</i> spp.	18
Gambar 2.13 Morfologi <i>Heterorhabditis</i> spp.	18
Gambar 2.14 Siklus Hidup Nematoda Entomopatogen	20
Gambar 2.15 Mekanisme Infeksi Nematoda Entomopatogen	21
Gambar 2.16 Perbanyakkan nematoda secara <i>in vivo</i> menggunakan <i>white trap</i>	22
Gambar 3.1 Gambar metode diagonal 5 titik	27
Gambar 4.1 Lahan tanaman jagung	38
Gambar 4.2 Identifikasi NEP	41
Gambar 4.3 Perbanyakkan NEP	44
Gambar 4.4 Larva <i>S. litura</i>	46
Gambar 4.5 Larva <i>S. litura</i> ketika dibedah	47
Gambar 4.6 Kepompong larva <i>S. litura</i>	52

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian	64
Lampiran 2. Perhitungan Pengulangan Percobaan	66
Lampiran 3. Perhitungan Kepadatan NEP Isolat Lamongan	67
Lampiran 4. Data Mortalitas Harian Larva <i>S. litura</i> NEP Isolat Lamongan	68
Lampiran 5. Persentase Mortalitas Larva <i>S. litura</i> NEP Isolat Lamongan	69
Lampiran 6. Rata-Rata Mortalitas Larva <i>S. litura</i> NEP Isolat Lamongan	70
Lampiran 7. Perhitungan Kepadatan NEP Isolat BBPPTP Surabaya	71
Lampiran 8. Data Mortalitas Harian Larva <i>S. litura</i> isolat NEP Balai BBPPTP Surabaya	72
Lampiran 9. Persentase Mortalitas Larva <i>S. litura</i> NEP Isolat BBPPTP Surabaya	73
Lampiran 10. Rata-Rata Mortalitas Larva <i>S. litura</i> NEP Isolat BBPPTP Surabaya	74
Lampiran 11. Uji <i>Kruskal-Wallis</i> NEP isolat Lamongan	75
Lampiran 12. Uji <i>Mann Whitney</i> NEP isolat Lamongan	76
Lampiran 13. Uji <i>Kruskal-Wallis</i> NEP isolat BBPPTP Surabaya	81
Lampiran 14. Uji <i>Mann Whitney</i> NEP isolat BBPPTP Surabaya	82
Lampiran 15. Perhitungan <i>Lethal Concentration</i> dan <i>Lethal time</i>	87

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dengan penduduknya sebagian besar adalah petani. Namun petani dalam melakukan kegiatannya sering mengalami permasalahan. Salah satu adalah adanya serangan hama (Maulana *et al.*, 2020). Hama merupakan makhluk hidup penginfeksi dan perusak tanaman yang menyebabkan penyusutan hasil perkebunan, pertanian dan bahkan sayur-sayuran. Makhluk hidup perusak dan pemakan segala jenis tanaman yang sering dijumpai adalah ulat grayak (*S. litura*) (Rukmana, 2003 dalam Ummah, 2014). *S. litura* termasuk kedalam ordo Lepidoptera dan famili Noctuidae. *S. litura* merupakan organisme yang bersifat *polyfag*, sehingga dapat memakan berbagai jenis tanaman untuk kelangsungan hidupnya. Umumnya *S. litura* menyerang secara besar-besaran ketika saat musim kemarau (Tarigan *et al.*, 2012).

Berdasarkan hasil observasi di daerah Jorong Saborang Tobek Kecamatan Situjuh Limo Nagari Kabupaten Limo Puluh Kota pada tanaman tembakau bahwa *S. litura* telah menyerang dan mengganggu tanaman tembakau yang mengakibatkan daun berlobang, sehingga hal tersebut berdampak pada penurunan hasil produksi sebanyak 50% (Kementerian Pertanian, 2015). Selain itu, penelitian hama *S. litura* juga dilakukan di daerah Rawang Gadang Kecamatan Danau Kembar Kabupaten Solok pada tanaman cabai merah (*Capsicum annum*) mengalami kegagalan panen yang diakibatkan oleh ulat *S. litura*. Serangan *S. litura* menyebabkan penghambatan fotosintesis dan produksi buah cabai merah menjadi menurun.

Penurunan produksi cabai mengakibatkan kegagalan panen yang membuat harga cabai merah menjadi naik bahkan mencapai Rp.70.000 per/kg (Sasmi, 2016). Kerugian besar yang dialami oleh petani menjadikan upaya pemberantas hama sangat diperlukan (Rukmana, 2003 dalam Ummah, 2014).

Petani dalam upaya pengendalian hama ulat *S. litura* diantaranya masih menggunakan insektisida kimia dan pengaplikasian yang tidak sesuai kaidah cara Pengendalian Hama Terpadu (PHT) bijaksana sehingga menghasilkan dampak negatif bagi lingkungan diantaranya resistensi, pencemaran lingkungan, kehilangan musuh-musuh alami, timbul residu pada komoditi hasil pertanian dan resurgensi hama (Singkoh dan Daidy, 2019). Pengendali hayati yang ramah lingkungan dan aman sudah saatnya diterapkan, mengingat dampak negatif dari penggunaan insektisida kimia sangat besar (Trizelia *et al.*, 2019).

Pengendalian hayati merupakan suatu taktik pengelolaan dengan memanfaatkan musuh alami hama yang dilakukan secara sengaja untuk dapat menurunkan populasi hama. Pengendalian hayati dalam memberantas hama dan penyakit pada tanaman menggunakan musuh alami yaitu predator, parasitoid, dan patogen (Yulianti, 2013).

Salah satu agen pengendali hayati dengan memanfaatkan musuh alami hama adalah Nematoda Entomopatogen (NEP) (Qodiriyah *et al.*, 2015). Nematoda Entomopatogen (NEP) terbukti dapat membunuh berbagai larva serangga hama, seperti hasil yang diperoleh oleh Wiratno (2012) pada penelitiannya mengenai pengendalian hama pemakan daun kelapa *Brontispa longissima* menggunakan agen pengendali hayati nematoda entomopatogen

jenis *Heterorhabditis* spp. Hasil penelitiannya diperoleh sebesar 3.500 JI/ml air yakni Kerapatan NEP yang optimal sebagai pengendali hama B. *longissima* (Susanti, 2016). Berdasarkan hal tersebut bahwa setiap apapun yang diciptakan Allah di Dunia dapat bermanfaat untuk makhluk hidup dan lingkungannya. Surat Luqman ayat 10, Allah SWT menjelaskan:

خَلَقَ السَّمَوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرْوْنَهَا وَأَلْقَى فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَبَّةٍ ۖ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya : "*Dia menciptakan langit tanpa tiang sebagaimana kamu melihatnya, dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi agar ia (bumi) tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembangbiakkan segala macam jenis makhluk bergerak yang bernyawa di bumi. Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik* " (QS. Luqman ayat 10).

Ibnu Katsir menafsirkan ayat diatas bahwa segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT tidak ada yang sia-sia. Salah satunya diciptakannya berbagai macam jenis binatang mulai dari kecil sampai yang tidak terlihat mata hingga besar, semua ciptaan itu mempunyai manfaat dan faedah. Namun manusia terkadang tidak mengetahui manfaat dari binatang itu, sehingga dibunuh dan menimbulkan kerusakan dimuka bumi (Nurfitriyah, 2021), sehingga inti pesan Surat Luqman ayat 10 adalah Allah telah memerintahkan manusia dengan kelebihan akal yang diberikan olehnya untuk mengkaji atau meneliti setiap ciptaannya. Salah satu ciptaan Allah SWT yaitu nematoda entomopatogen yang memiliki manfaat sebagai agen pengendali hayati hama.

Nematoda adalah mikroorganisme yang berbentuk seperti cacing, ukuran tubuh mikroskopik (700-1200 mikron) (Afifah *et al.*, 2013). Nematoda entomopatogen (NEP) dibandingkan dengan agen hayati yang lain

adalah memiliki kemampuan mencari inang yang tinggi, membunuh dan menginfeksi serangga sasaran dalam waktu yang singkat 24-48 jam (Indriyanti *et al.*, 2015). Selain itu, juga murah, mudah diperoleh, dan ramah bagi lingkungan (Afifah *et al.*, 2013). Nematoda entomopatogen hidup didalam tanah yang memerlukan kelembapan, struktur tanah, bahan organik dan intensitas cahaya yang cocok (Afifah *et al.*, 2013). Penelitian keberadaan NEP juga pernah dilakukan oleh Chairani *et al.*, (2007) bahwa tanah dengan kelembapan yang cukup tinggi dan tekstur tanah berpasir ditemukan nematoda entomopatogen. Berdasarkan hal itu telah disebutkan Allah SWT dalam surat Al-Furqan ayat 2 :

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ
وَخَلَقَ كُلَّ
شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا (٢)

Artinya : “Yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu baginya dalam kekuasaan(Nya), dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya” (QS. Al-Furqan: 2).

Al-Jalalain menafsirkan Ayat diatas bahwa Allah SWT adalah pemilik seluruh isi bumi. Batasan-batasan telah Allah tetapkan dengan detail dan seadil-adilnya. Semua mempunyai fungsi dan struktur yang berbeda, karena segala sesuatu yang telah diciptakan oleh Allah SWT tersebut sesuai pada tempatnya. Salah satunya seperti pada nematoda entomopatogen. Nematoda entomopatogen merupakan makhluk hidup yang berbentuk mikroskopik, sehingga mata tidak dapat melihat secara langsung. Tetapi Allah telah menjadikannya organisme yang kompleks, pertumbuhan sangat cepat, dan

memiliki manfaat yang besar terutama bagi manusia untuk mengendalikan hama tanaman sehingga dalam hal ini pemanfaatan NEP sebagai agen pengendali hayati sangat perlu dikembangkan dan sebagai bentuk upaya pelestarian lingkungan.

Nematoda entomopatogen hidup didalam tanah. Umumnya dapat ditemukan disekitar perakaran tanaman seperti pada perakaran tanah jagung. Tanaman jagung merupakan tanaman musiman yang mempunyai sifat peka terhadap kesuburan tanah maupun ketersediaan air (Murniyanto, 2007). Lahan tanah tanaman jagung termasuk tanah yang mempunyai produktivitas baik sehingga mengandung komponen abiotik dan biotik (organisme tanah). Organisme tanah tersebut diantaranya adanya kelimpahan nematoda entomopatogen yang berperan penting dalam ekosistem tanah. Tanaman penabung yang biasanya menjadi habitat serangga, maka kemungkinan serangga tanah menjadi sasaran inang NEP pada fase tertentu. Seperti halnya tanaman musiman jagung yang tumbuh pada lahan tanah terdapat adanya serangga-serangga (Indiriyanti *et al.*, 2014).

Kabupaten Lamongan terbagi menjadi dua daerah yaitu daerah pesisir dan daerah perbukitan. Beberapa wilayah di Lamongan masih banyak ditemukan area persawahan, perkebunan maupun pertanian, yang ditanami oleh tanaman musiman seperti jagung. Berdasarkan hal itu maka kondisi tanah di Lamongan tergolong subur, apalagi didukung dengan adanya air yang cukup melimpah karena aliran air dari sungai Bengawan Solo. Beberapa lahan tanah dengan kondisi yang cukup baik tersebut dapat berpengaruh terhadap kelimpahan NEP. Penelitian ini perlu dilakukan karena masih belum

ada penelitian mengenai potensi NEP isolat lokal Lamongan sebagai APH khususnya pada hama ulat *S. litura*.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Apa genus nematoda entomopatogen isolat lokal Lamongan yang ditemukan ?
- b. Bagaimana pengaruh pemberian nematoda entomopatogen antara isolat lokal Lamongan dengan isolat BBPPTP Surabaya terhadap *S. litura* instar III ?
- c. Berapa nilai LC 50 dan LT 50 nematoda entomopatogen isolat lokal Lamongan yang efektif membunuh *S. litura* instar III ?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengetahui genus nematoda entomopatogen isolat lokal Lamongan.
- b. Untuk mengetahui pengaruh pemberian nematoda entomopatogen antara isolat lokal Lamongan dengan isolat BBPPTP Surabaya terhadap *S. litura* instar III.
- c. Untuk mengetahui nilai LC 50 dan LT 50 nematoda entomopatogen isolat lokal Lamongan yang efektif membunuh *S. litura* instar III.

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Manfaat peneliti
Menambah wawasan dan pengetahuan khususnya terhadap efektivitas nematoda entomopatogen sebagai agen pengendali hama tanaman

b. Manfaat instansi

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya dapat mengembangkan hasil penelitian nematoda entomopatogen yang telah dilakukan dalam bidang bioinsektisida sebagai agen pengendali salah satu hama tanaman *S. litura*.

c. Manfaat masyarakat

Memberikan informasi mengenai pembasmi hama serangga pengganti insektisida kimia dengan agen pengendali yang ramah lingkungan yaitu NEP.

1.5 Batasan Penelitian

- a. Isolat NEP yang digunakan diperoleh dari tanah perakaran tanaman jagung di 3 Desa Kabupaten Lamongan yaitu Desa Palangan di Kecamatan Karangbinangun, Desa Sugih Waras di Kecamatan Kalitengah, dan Desa Latukan di Kecamatan Karanggeneng.
- b. Wilayah untuk pengambilan sampel tanah pada lahan tanaman jagung.
- c. Serangga uji yang digunakan untuk mengetahui efektivitas nematoda entomopatogen dalam penelitian ini menggunakan larva *S. litura* instar III.
- d. Uji efektivitas NEP diamati dari jumlah mortalitas *S. litura* instar III.

1.6 Hipotesisi Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini adalah kepadatan populasi tertentu isolat lokal NEP Lamongan efektif mematikan 50% hama larva *S. litura* instar III dalam waktu 120 jam.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Ulat Grayak (*S. litura* F.)

2.1.1 Klasifikasi Ulat Grayak (*S. litura* F.)

S. litura merupakan satu diantara serangga hama yang dapat menyerang berbagai tumbuhan hingga menyebabkan budidaya tumbuhan baik pada wilayah panas, lembab dari subtropis dan sampai tropis mengalami kerusakan. *S. litura* merupakan serangga yang masuk dalam ordo Lepidoptera, famili Noctuidae, genus *Spodoptera*, dan Spesies *Litura*. *S. litura* termasuk serangga yang mempunyai kisaran inang yang luas (*polifag*), sehingga berbagai tanaman seperti sayuran, tanaman pangan, perkebunan dan buah banyak terserang oleh hama ulat grayak (Marwoto dan Suharno, 2008).

Menurut Zai (2017) ulat grayak diklasifikasikan dalam berikut ini :

Kingdom : Animalia

Filum : Arthropoda

Kelas : Insecta

Ordo : Lepidoptera

Famili : Noctuidae

Genus : *Spodoptera*

Spesies : *Spodoptera litura* (Fabricius) (Kalshoven, 1981)

2.1.2 Morfologi Ulat Grayak (*S. litura* F.)

Stadia larva *S. litura* memiliki ciri khas yang terletak pada ruas abdomen keempat dan ketujuh yaitu bintik menyerupai bulan sabit sebanyak 2 buah berwarna hitam (Noch *et al.*, 1983). Umumnya setiap

abdomen *S. litura* terdapat titik dengan arah lateral berwarna kuning. Ketika masih kecil tubuh *S. litura* kehijau-hijauan (Zai, 2017). *S. litura* mempunyai beberapa periode instar, diantaranya sebagai berikut (Fattah dan Asriyanti, 2016) :

a. *S. litura* F. Instar I



Gambar 2.1 Larva *S. litura* F. instar I baru menetas
(Kumar, 2007)

Instar pertama *S. litura* F. mempunyai tubuh hijau kuning dengan panjang 2,0-2,74 mm, terdapat warna hitam dengan lebar 0,2-0,3 cm yang terletak pada kepalanya, dan bulu halus (Zai, 2017).

b. *S. litura* F. Instar II



Gambar 2.2 Larva *S. litura* F instar II
(Ummah, 2014)

Instar kedua *S. litura* F. mempunyai panjang tubuh 3,75-10,0 mm berwarna hijau, terdapat warna hitam meningkat dengan bentuk garis-garis pada bagian ruas abdomen dan toraks sampai ujung abdomen terdapat garis putih memanjang pada bagian abdomen, dan

sudah tidak ada bulu. Selain itu, pada toraks *S. litura* instar II mempunyai titik berbaris dua-dua sebanyak 4 buah (Zai, 2017).

c. *S. litura* F. Instar III



Gambar 2.3 Larva *S. litura* F. instar III
(Finn, 2013)

Instar ketiga ulat grayak (*S. litura* F.) mempunyai lebar tubuh (8,0-15,0) dan panjang 8,0-15,0 mm (Dessy *et al.*, 2013 dalam Zai, 2017). Menurut Utami *et al.*, (2010) pada bagian kanan dan kiri abdomennya memiliki bulatan hitam disepanjang tubuhnya serta garis zig-zag putih.

d. *S. litura* F. Instar IV, V, dan VI



Gambar 2.4 Larva *S. litura* F. instar IV
(Ummah, 2014)



Gambar 2.5 Larva *S. litura* F. instar V

(Finn, 2013)

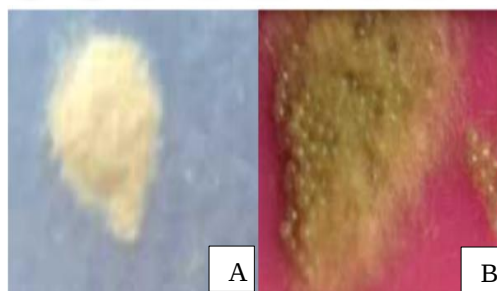


Gambar 2.6 Larva *S. litura* Instar VI
(Macleay Museum, 2013; Nurhajjah, 2018)

Instar keempat, kelima, dan keenam larva *S. litura* F. sedikit sulit untuk dibedakan. Pada tubuh instar IV mempunyai panjang 13-20 mm. Larva instar IV tersebut mulai memiliki variasi warna pada tubuh yaitu hitam, hijau keunguan, hijau keputihan. Pada segmen abdomen keempat dan kesepuluh instar IV terdapat kalung/bulan sabit berwarna hitam. Lama stadia instar IV adalah 4 hari. Sedangkan tubuh larva Instar V mempunyai panjang 23-35 mm dan instar VI memiliki panjang tubuh 35-50 mm (Hera 2007, dalam Zai, 2017).

2.1.3 Siklus Hidup Ulat Grayak (*S. litura* F.)

a. Stadium Telur

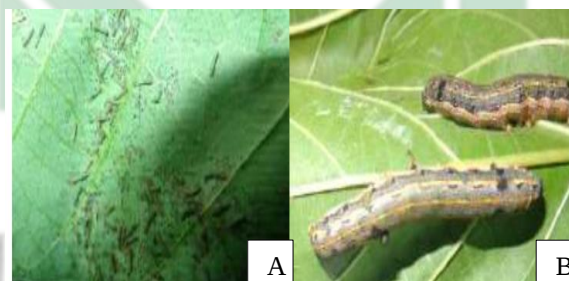


Gambar 2.7 A. Sekelompok telur imago betina yang tertutupi bulu-bulu dan B. telur yang akan menetas
(Fattah dan Asriyanti, 2016)

Ngengat betina berwarna keabu-abuan meletakkan telur-telurnya secara berkelompok dibawah permukaan daun dan juga

terkadang diatas permukaan daun. Ketika telah mencapai umur 2-6 hari telur akan diletakkan oleh ngengat betina dalam waktu dini hari yakni sekitar pukul 18.00 s/d 03.00 (Tengkano *et al.* 1997). Pada satu induk ngengat betina dapat bertelur hingga 3000 butir dan sekelompok ngengat betina yang berjumlah 11 per kelompoknya dapat bertelur rata-rata 350 butir. Telur-telur tersebut tertutupi oleh bulu halus dengan warna merah sawo. Rata-rata stadium telur menjadi larva berlangsung selama 3 hari atau bisa juga kurang lebih 3-5 hari (Noch *et al.*,1983). Apabila telur berubah menjadi warna coklat dan bentuknya menyerupai telur ikan yang semakin membesar, maka tandanya telur tersebut akan segera mengalami penetasan (Fattah dan Asriyanti, 2016).

b. Stadium Larva



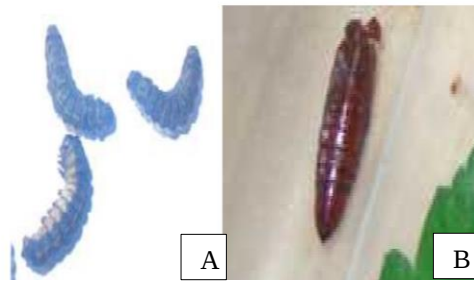
Gambar 2.8 A. Larva baru menetas dan B. larva instar 5 (Fattah dan Asriyanti, 2016)

Setelah telur menetas, sementara waktu larva akan hidup dan makan secara berkelompok ditempat awal telur tersebut diletakkan. Daun menjadi sumber makanan bagi larva untuk tetap hidup dan berkembang. Selain itu, daun tersebut dapat habis termakan olehnya dengan hanya meninggalkan epidermis dibagian atas. Larva instar 1 dan 2 ketika melakukan perpindahan dengan cara

berayun yang dibantu oleh benang pintel dan tiupan angin. Stadium tersebut rata-rata berlansung selama 14 hari (Noch *et al.*, 1983). *S. litura* F. memiliki perbedaan warna tubuh. *S. litura* F. memiliki warna coklat tua maupun hitam kecoklatan pada bagian sisi dengan tubuh berwarna hijau muda ketika baru menetas. Sedangkan instar terakhir pada *S. litura* F. memiliki segmen abdomen keempat dan kesepuluh yang terdapat kalung (bulan sabit) berwarna hitam gelap (Fattah dan Asriyanti, 2016).

Stadium larva *S. litura* tergolong menjadi enam instar. Pada larva instar 1-3 memiliki umur 2-3 hari. Pada telur, larva, kepompong, dan ngengat masing-masing memiliki lama stadium kira-kira 2, 16, dan 9 hari. Sedangkan pada saat prapeneluran, peneluran, dan pasca peneluran memiliki lama stadium yaitu 2, 6, dan 1 hari. Perpindahan larva instar 3 dan 4 dengan cara berjalan pada satu tanaman ketanaman lainnya atau bisa juga melalui tanah. Tanah menjadi salah satu tempat bersembunyi bagi larva instar 5 dan 6, baik didalam tanah maupun diatas dengan tertutupi oleh daun-daun yang sudah kering. Larva akan aktif makan saat siang hari dan ketika malam hari larva mulai melakukan pengrusakan pada daun (Tengkano dan Suharsono, 2005).

c. Stadium Kepompong (pupa)



Gambar 2.9 A. Pra-pupa dan pupa dan B. *S. litura* F (Fattah dan Asriyanti, 2016)

Kepompong ulat grayak (*S. litura* F.) berwarna coklat yang terbentuk didalam rongga-rongga tanah. Larva instar akhir biasanya bersembunyi didalam tanah dengan kedalam 0-3 cm dan setelah itu tidak lagi menjadi larva yang aktif (prapupa). Larva yang telah menjadi pupa berwarna coklat kemerahan dan berat sekitar 0,341 g per pupa (Fattah dan Asriyanti, 2016). Rata-rata stadium kepompong berlangsung 8,5 hari (Arifin, 1992)

d. Imago



Gambar 2.10 A. Imago *S.litura* betina dan B. jantan (Fattah dan Asriyanti, 2016)

Pupa yang berada didalam tanah akan beralih kedalam tahap berikutnya yaitu imago (serangga dewasa) (Fattah dan Asriyanti, 2016). Ngengat memiliki lama stadium 1-13 hari. Siklus hidup *S.*

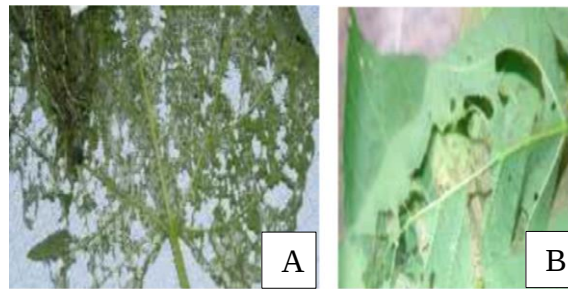
litura F. dimulai dari telur sampai ngengat bertelur yang berlangsung sepanjang 28 hari (Arifin, 1992).

2.1.4 Habitat dan Penyebaran Ulat Grayak (*S. litura* F.)

Ulat grayak (*S. litura*) dapat hidup dan berkembang diberbagai macam tanaman seperti sayuran, perkebunan, pangan, dan buah. Ulat grayak bisa dijumpai di daerah subtropik dan tropik. Tanaman yang biasanya menjadi inang ulat grayak untuk berkembang yaitu cabai, jagung, kedelai, padi, buncis, kangkung, kentang, tomat, jeruk, tebu, bawang merah, tembakau, bayam, kacang-kacangan, pisang dan terung. Selain itu, tanaman hias juga dapat menjadi inang bagi *S. litura* (Marwoto dan Suharno, 2008). Hama ulat grayak telah tersebar diberbagai negara diantaranya yaitu Negara Jepang, Cina, India, Korea, Australia, diberbagai Negara di Asia Tenggara, dan beberapa Pulau di Pasifik (Razak *et al.*, 2014).

2.1.5 Gejala Serangan Ulat Grayak (*S. litura* F.)

Pada saat *S. litura* masih muda (instar 1-3) sudah dapat melakukan gejala serangan dengan cara merusak dan memakan daun tanaman hingga hanya meninggalkan epidermis dibagian atas daun (transparan) dan rangka batang daun. Pada larva (*S. litura* F.) instar lanjut (4-6) gejala serangannya adalah merusak tulang daun dan membentuk lubang-lubang dengan ukuran cukup besar hingga menyebabkan tanaman kehabisan daun. Gejala serangan yang disebabkan oleh larva ulat grayak ini tergolong cepat dan sulit diatasi, sehingga perlu adanya penanganan yang lebih intens (Khamid dan Siti, 2018).



Gambar 2.11 (a) Gejala serangan *S. litura* instar- 1-3 dan
(b) gejala serangan *S. litura* instar-4-6.
(Fattah dan Asriyanti, 2016)

2.1.6 Tanaman Inang Ulat Grayak (*S. litura* F.)

Taman inang adalah tanaman bagi serangga hama yang tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan, namun sekaligus untuk tempat berlindung agar terbebas dari musuh alaminya serta sebagai tempat tinggalnya. Tanaman inang mengandung senyawa primer dan sekunder yang memiliki peran penting pada saat serangga berinteraksi dengannya. Selain itu, tanaman dengan nutrisi yang cukup sangat dibutuhkan serangga sebagai tempat tinggal dan memenuhi kebutuhan hidupnya (Indiati dan Sagitarius, 2015).

Kisaran inang yang dimiliki ulat grayak sangat luas yaitu mencakup tanaman budidaya maupun non-budidaya. Tanaman inang yang biasanya terserang oleh hama ulat grayak diantaranya tanaman padi, tomat, kapas, dan tembakau. Selain itu, juga menyerang tanaman jeruk, kakao, jagung, jarak, karet, legume, dan sorgum (Afriany *et al.*, 2013).

2.2 Nematoda Entomopatogen (NEP)

2.2.1 Klasifikasi Nematoda Entomopatogen

Nematoda *Steinernema* spp. diklasifikasikan seperti berikut :

Kingdom : Animalia

Filum : Nematoda
 Kelas : Secernentea
 Ordo : Rhabditida
 Famili : Steinernematidae
 Genus : *Steinernema*
 Spesies : *Steinernema* spp. (Poinar, 1990)

Nematoda *Heterorhabditis* spp. diklasifikasikan seperti berikut :

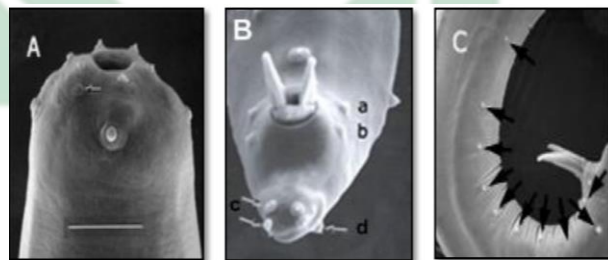
Kingdom : Animalia
 Filum : Nematoda
 Kelas : Secernentea
 Ordo : Rhabditida
 Famili : Heterorhabditidae
 Genus : *Heterorhabditis*
 Spesies : *Heterorhabditis* spp. (Poinar, 1990)

Nematoda entomopatogen sebagai agen hayati yang tergolong pada famili Steinernematidae dan Heterorhabditidae (Poinar & Grewal 2012). Menurut Koppenhofer dan Fuzy (2003) bahwa sampai saat ini sudah sebanyak 43 spesies nematoda yang telah teridentifikasi diantaranya dua famili dan tiga genus yaitu genus *Steinernema* teridentifikasi 33 spesies, genus *Neosteinerema* teridentifikasi 1 spesies, dan genus *Heterorhabditis* 9 spesies. Salah satu agen biokontrol yang sangat berpengaruh bagi hama serangga adalah nematoda entomopatogen tersebut (Boszormeny *et al.* 2009).

2.2.2 Morfologi Nematoda Entomopatogen

NEP secara morfologi mempunyai tubuh transparan, bentuk serupa dengan cacing, ekor runcing, tidak memiliki stilet, dan tubuh diselubungi oleh kutikula. NEP memiliki dua ciri pada bagian anterior yakni kepala memiliki kait dan kepala halus tidak berkait. Pada jenis *Steinernema* spp. mempunyai ciri kepala halus dan tidak berkait. Sedangkan pada NEP jenis *Heterorhabditis* spp. adalah mempunyai kait pada bagian anterior (Susanti, 2016).

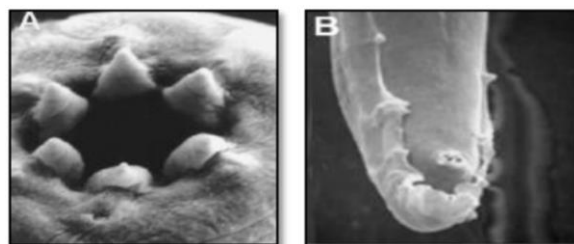
Nematoda umumnya dapat hidup dari kedalaman 0-30 cm dibawah permukaan tanah (Ou *et al.*, 2005, dalam Pawana *et al.*, 2017). Tekstur tanah tempat nematoda hidup memiliki lapisan air atau *water film*. Nematoda juga dapat dijumpai pada daerah perakaran tanaman (Jabbour dan Barbercheck, 2008).



Gambar 2.12 Morfologi *Steinernema* spp.

Keterangan : a. Bagian kepala, b. Bagian posterior dari sisi ventral, c. Bagian posterior

(Adams and Nguyen, 2002 dalam Haryani, 2014)



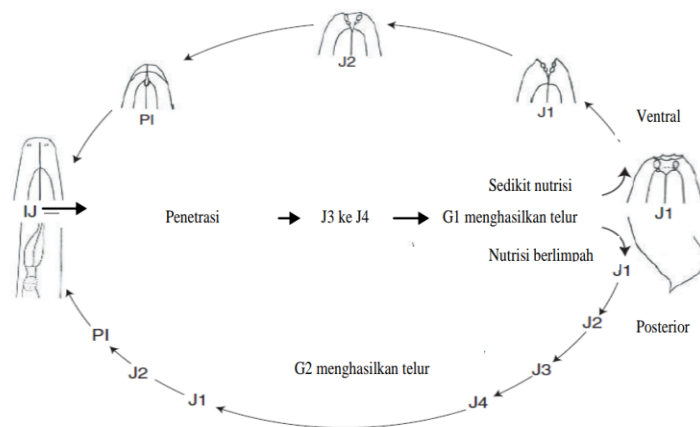
Gambar 2.13 Morfologi *Heterorhabditis* spp.

Keterangan : a. Bagian kepala dan b. Bursa kopulatrik
(Adams and Nguyen 2002 dalam Haryani, 2014)

2.2.3 Siklus Hidup Nematoda Entomopatogen

NEP mempunyai siklus hidup sederhana. Fase pertumbuhan NEP yakni dimulai dari telur, juvenil, dan dewasa. Umumnya nematoda sebelum dewasa akan mengalami sebanyak empat kali pergantian kulit. *Molting* atau berganti kulit dapat berlangsung ketika masih didalam tubuh serangga inang, di dalam telur, dan di lingkungan (Sucipto, 2009). Juvenil NEP terdiri atas juvenil instar 1-4 (IJ). Daur hidup NEP dimulai dari menginfeksi hingga muncul JI (juvenil infektif) keturunan baru selama 7-10 hari. JI (juvenil infektif) akan meninggalkan bangkai inang setelah berkembang didalam tubuh inang selama 2-3 minggu dan kemudian mencari inang yang baru (Bedding *et al.*, 1993). *Molting* atau berganti kulit juga terjadi pada NEP yaitu saat setiap pergantian instar (Prabowo, 2012).

Apabila nutrisi yang dibutuhkan NEP masih tersedia maka reproduksinya akan tetap terus berlangsung dan JI akan meninggalkan inang untuk mencari yang baru setelah nutrisi dalam tubuh inang habis. JI (juvenil infektif) dapat bertahan hidup walaupun tidak makan sampai beberapa bulan hingga memperoleh inang baru (Adam & Nguyen, 2002).



Gambar 2.14 Siklus Hidup Nematoda Entomopatogen: G1 (Generasi 1), G2 (Generasi 2), J1 (Tahap Juvenil 1), J2 (Tahap Juvenil 2), J3 (Tahap Juvenil 3 Tidak Efektif), PI (Tahap Sebelum Juvenil Infektif), IJ (Juvenil Infektif), J4 (Tahap 4 Juvenil) (Adams and Nguyen 2002 dalam Haryani, 2014)

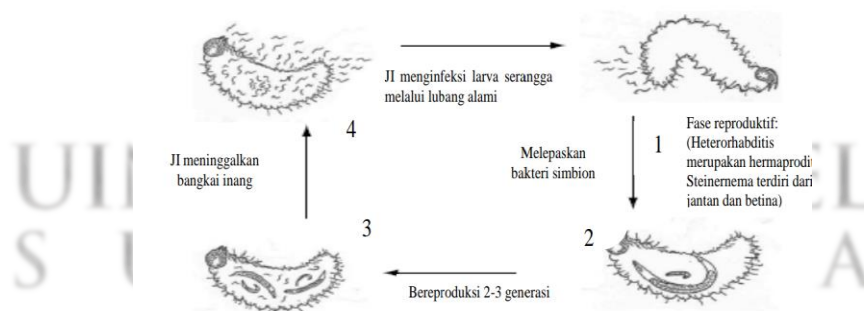
2.2.4 Bakteri Simbion

NEP dapat menginfeksi serangga hingga mengalami kematian karena adanya peran penting dari bakteri simbion yang berada didalam saluran pencernaanya. Setiap NEP mempunyai bakteri simbion yang berbeda-beda, namun pada umumnya NEP dari famili Steinernmatidae bersimbiosis dengan bakteri jenis *Xenorhabdus* spp. dan NEP dari family Heterorhabditidae bersimbiosis dengan bakteri jenis *Photorhabdus* spp. Bakteri simbion mengandung beberapa subtrat-subtrat didalamnya seperti protease, lipase, lechitinase, DNAase, dan phosphatase, sehingga kemampuan bakteri dalam membunuh serangga tidak lepas dari subtrat yang dimilikinya (Cahyono *et al.*, 2019)

2.2.5 Mekanisme Infeksi dan Perkembangbiakan NEP Secara In Vivo

Patogenesitas serangga dipengaruhi oleh mekanisme infeksi. Sedangkan adanya interaksi metabolik antara NEP dengan bakteri menyebabkan NEP melakukan infeksi terhadap inang. Infeksi nematoda

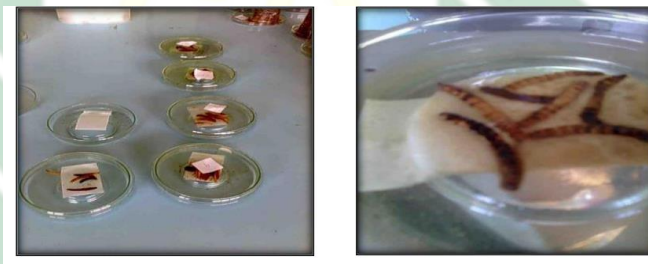
entomopatogen tersebut dilakukan pada larva melalui spirakel atau penetrasi langsung pada membran intersegmental integumen yang lunak, melalui anus, dan mulut. Bakteri simbiosis yang dibawa oleh NEP akan dilepaskan didalam homolimfa untuk memproduksi toksin yang menyebabkan kematian pada serangga dan berkembang biak setelah NEP mencapai *haemocoel* serangga tersebut. Dengan demikian, NEP dapat mempunyai daya bunuh cepat yang disebabkan oleh kedua faktor tersebut. Serangga yang telah terinfeksi oleh NEP hanya dalam waktu 24–48 jam setelah infeksi akan mengalami kematian (Brown *et al.*, 2006). Selain itu, beberapa faktor abiotik diantaranya temperatur tanah, derajat keasaman (ph), oksigen, dan kelembapan mempengaruhi efektivitas dan persistensi NEP. Faktor abiotik lain seperti tekstur tanah juga diduga dapat berpengaruh terhadap efektivitas NEP (Safitri *et al.*, 2013).



Gambar 2.15 Mekanisme Infeksi Nematoda Entomopatogen (Adams and Nguyen 2002 dalam Haryani, 2014)

Sumber makanan nematoda saat bereproduksi dan bertelur adalah nutrisi dalam tubuh inang. Nematoda berkembang menjadi generasi kedua dan ketiga kemudian keluar dari bangkainya untuk mencari inang baru. Nematoda Steinernematidae dan Heterorhabditidae mempunyai

fase reproduktif yang berbeda yaitu dalam tubuh serangga Steinernematidae menghasilkan generasi pertamanya yang terdiri dari nematoda jantan dan betina, sedangkan Heterorhabditidae keturunan pertamanya hemaprodit dan generasi berikutnya menghasilkan nematoda jantan dan betina. NEP dapat melakukan reproduksi dua sampai dengan tiga generasi dalam inang yang sama. Sementara nematoda akan memproduksi generasi baru dalam waktu 7-10 hari. Kemudian 2-3 minggu setelah JI berkembang didalam tubuh inang, akan keluar setelah nutrisi habis dan mencari inang baru (Haryani, 2014).



Gambar 2.16 Perbanyakan nematoda secara *in vivo* menggunakan *white trap* (Rahim, 2010)

Pengendalian hama menggunakan Nematoda Entomopatogen (NEP) merupakan pengendalian hayati yang ramah lingkungan dan sudah banyak dilaksanakan di berbagai negara diantaranya Negara Australia, Amerika, Asia, dan Eropa. Namun, pada Negara Indonesia pemakaian agens pengendali hayati dengan NEP dapat dikatakan masih kecil dan terbatas, karena penggunaan insektida kimia masih banyak digunakan untuk pembasmi hama (Chaerani, 1996). Residu yang ditinggalkan akibat penggunaan insektida kimia menjadi permasalahan

bagi lingkungan seperti udara, tanah, air sampai buah yang dikonsumsi, sehingga sangat dibutuhkan pengendalian hama yang aman dan tidak menyebabkan kerusakan bagi lingkungan (Prabowo dan Indriyani, 2012).

Dalam surat Al-A'raf ayat 56 Allah SWT telah menjelaskan tentang larangan merusak lingkungan yang berbunyi :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا ۚ إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ
مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya : "Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak ada diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik". (QS. Al-A'raf: 56).

Maksud dari surat Al-A'raf (56) diatas adalah manusia diperintahkan Allah SWT melindungi bumi. Jangan merusak apa yang sudah Allah perbaiki seperti tidak berbuat syirik dan maksiat. Arti maksiat tersebut meliputi perbuatan merusak lingkungan, seperti tumbuhan. Sementara itu Prof, Dr. Hamka seorang ahli tafsir juga mengemukakan tentang ayat ini bahwa manusia diperintahkan Allah untuk tidak menyebabkan berbagai macam kerusakan, melainkan melestarikannya. Kerusakan yang sering terjadi yakni perbuatan mencemari lingkungan. Dengan demikian, pengendalian hama diharapkan menggunakan agen pengendali yang ramah lingkungan salah satunya dengan pemakaian Nematoda Entomopatogen (NEP).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian dengan bentuk eksperimental yang menggunakan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Adapun untuk pemberian konsentrasi pada penelitian ini berdasarkan hasil dari uji pendahuluan.

Penelitian menggunakan 5 taraf/tingkat perlakuan dengan 5 kali pengulangan. Berikut ini adalah rumus Federer yang digunakan untuk dapat menghitung penentuan pengulangan :

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

Keterangan :
t : Jumlah perlakuan
r : Jumlah pengulangan

Berdasarkan pengulangan yang telah dihitung menggunakan rumus diatas bahwa diperoleh hasil pengulangan percobaan sebanyak 5 kali, maka terdapat total 25 unit percobaan yang termuat pada tabel berikut :

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

Perlakuan	Ulangan Percobaan				
	U1	U2	U3	U4	U5
P0 (kontrol)	P0U1	P0U2	P0U3	P0U4	P0U5
P1	P1U1	P1U2	P1U3	P1U4	P1U5
P2	P2U1	P2U2	P2U3	P2U4	P2U5
P3	P3U1	P3U2	P3U3	P3U4	P3U5
P4	P4U1	P4U2	P4U3	P4U4	P4U5

Keterangan :
P0 : 0 IJ/ml
P1 : 200 IJ/ml
P2 : 350 IJ/ml
P3 : 500 IJ/ml
P4 : 650 IJ/ml
U1-5 : Ulangan 1-5

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2021 sampai Juni 2022.

Penelitian akan mulai dilaksanakan seperti pada rincian agenda yang telah dirancang sebagai berikut :

Tabel 3.2 Agenda Pelaksanaan Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan											
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
1.	Persiapan	■											
2.	Pembuatan Proposal Skripsi	■	■	■	■	■	■						
3.	Seminar Proposal								■				
4.	Proses Penelitian										■	■	
5.	Analisis Data												■
6.	Pembuatan Draft Skripsi												■
7.	Seminar Hasil Skripsi												■

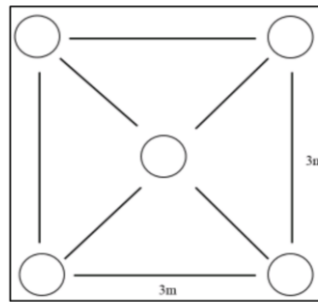
3.2.2 Lokasi Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah yang diambil dari lahan tanaman jagung di Lamongan. Pemilihan lokasi pengambilan sampel tanah di daerah Lamongan, karena secara umum daerah Lamongan termasuk daerah yang mempunyai kompetensi maupun kondisi tanah pertanian yang sangat bagus. Secara keseluruhan wilayah pertanian daerah Lamongan memiliki luas 91.458,91 ha meliputi lahan pertanian basah (sawah) dengan luas 79.320 ha dan lahan pertanian kering/holtikura (tidak sawah) dengan luas 12.138,91 ha (Dzulqornain, 2020).

Menurut Dzulqornain (2020) Keseluruhan wilayah Kabupaten Lamongan terbagi menjadi 3 karakteristik, diantaranya :

1. Bagian dataran rendah adalah bagian daerah tengah selatan. Kondisi wilayahnya termasuk subur yang menghampar dari kecamatan Pucuk, Deket, Kedungpring, Sukodadi, Babat, Lamongan, Tikung, Sarirejo, Kembangbahu, Maduran, dan Sugio.
2. Bagian Pegunungan kapur dan berbatu-batu adalah bagian daerah Utara dan Selatan yang mempunyai kondisi kesuburan cukup. Wilayah ini meliputi Kecamatan Sukorame, Sambeng, Brondong, Bluluk, Paciran, Solokuro, Mantup, Modo, dan Ngimbang.
3. Daerah Bonorowo adalah bagian Tengah Utara. Kawasan tersebut berpotensi banjir, diantaranya terdiri dari Kecamatan Laren, Karangbinangun, Kalitengah, Glagah, Karanggeneng, Sekaran, dan Turi.

Sedangkan sampel tanah yang digunakan untuk memperoleh NEP diambil dari tanah sekitar akar tanaman jagung. Berdasarkan hasil penelitiannya Swibawa (2010) bahwa telah ditemukan 76 genus pada lahan tanaman jagung yang digolongkan berdasarkan 6 kategori makan, diantaranya nematoda predator, nematoda pemakan bakteri, alga, jamur, nematoda omnivora dan parasit, sehingga dapat diketahui bahwa lahan tanaman jagung cocok untuk habitat nematoda.



Gambar 3.1 Gambar metode diagobal 5 titik

Proses penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Nematoda Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat penelitian ketika di lapangan adalah cetok, cangkul, dan plastik. Sedangkan dalam penelitian ketika di Laboratorium alat yang digunakan yaitu cawan petri kecil, cawan petri kecil, toples kaca, toples plastik, baki, gelas agar-agar plastik kecil, pinset, pipet tetes, mikro pipet, botol vial, *counting dish*, *hand counter*, autoklaf, bak plastik, mikroskop stereo, mikroskop elektron, plastik *wrape*, tisu, karet, kain tile, kertas saring, gelas aqua, kertas lakmus, dan termometer tanah.

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan penelitian adalah sampel tanah Lamongan, daun jarak kepyar, aquades, alkohol 70%, cairan H₂O₂, larva *S. litura* (ulat grayak), ulat hongkong (*Tenebrio molitor*), dan isolat NEP Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya

3.4 Variabel Penelitian

a. Variabel Independent/bebas

Variabel independent : variasi konsentrasi NEP isolat lokal Lamongan, isolat NEP Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya.

b. Variabel Dependent/terikat

Variabel dependent : mortalitas dan nilai *Lethal Concentration* (LC 50) larva *S. litura* instar III.

c. Variabel kontrol

Variabel kontrol : jumlah larva uji *S. litura* instar III

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Sterilisasi

Sebelum penelitian alat dan bahan disterilisasi dengan autoklaf tekanan 2 atm dan suhu 121°C selama 15-30 menit. Disiapkan kertas hvs untuk membungkus cawan petri yang akan disterilisasi dan labu erlenmeyer diisi dengan aquades kemudian ditutup dengan kapas dan aluminum.

3.5.2 Eksplorasi (pencarian sampel tanah)

Sampel tanah yang digunakan adalah tanah jagung dari 3 desa di Kabupaten Lamongan yaitu Desa Palangan, Desa Sugih Waras, dan Desa Latukan. Eksplorasi dilakukan dengan cara mengambil tanah disekitar perakaran tanaman dengan kedalam 15-20 cm. Sampel tanah diambil pada 5 titik secara diagonal pada setiap lahan yaitu pada tiap ujung lahan (4 titik) dan pada tengah lahan (1 titik). Tahap eksplorasi

dalam penelitian ini diperoleh 15 titik pengambilan sampel tanah. Sampel tanah dari masing-masing desa tersebut dilakukan pengukuran ph, suhu, dan bahan organik sebagai berikut :

a. Pengukuran ph tanah

1. Sampel tanah diambil dan dimasukkan kedalam wadah. Sampel tanah ditambahkan air 1:1 dan diaduk sampai tercampur.
2. Sampel tanah dibiarkan selama 15-20 menit sampai tanah mengendap.
3. Kertas lakmus dicelupkan ujungnya kedalam air selama 1 menit dengan tidak menyentuh tanah.
4. Kertas lakmus diangkat apabila warna sudah stabil.
5. Warna kertas lakmus dicocokkan dengan bagan warna.

b. Pengukuran suhu tanah

1. Tanah digali dan dimasukkan alat termometer tanah
2. Suhu tanah diukur pada permukaan tanah yang dilubangi.
3. Diamati dan dicatatat suhu tanah yang telah diukur.

c. Pengukuran bahan organik tanah

1. Sampel tanah diambil dan dimasukkan kedalam wadah. Sampel tanah ditambahkan air 1:1 dan diaduk sampai tercampur.
2. Sampel tanah dibiarkan selama 15-20 menit sampai tanah mengendap dan ditambahkan H₂O₂ kedalam sampel tanah.
3. Diamati ada tidaknya gelembung atau buih yang keluar.

Sampel tanah yang diperoleh dimasukkan pada kantong plastik. Sampel tanah dihomogenkan (mencampur) dan disimpan. Selain itu, dipastikan kelembapan tanah tetap terjaga agar NEP tetap hidup selama penyimpanan sebelum digunakan.

3.5.3 *Baiting* (Pengumpanan)

Pada tahap *baiting* ini menggunakan larva umpan ulat hongkong (*T. molitor*). Sampel tanah yang telah diperoleh dari hasil eksplorasi dimasukkan kedalam toples kaca hingga terisi seperempat bagian. Toples kaca sebelumnya telah disemprot aquades untuk menjaga kelembapan tanah sebelum dimasukkan. Sebelum dilakukan tahap *baiting*, dilakukan sterilisasi permukaan pada larva umpan *T. molitor* yaitu dioleskan alkohol 70% pada tubuh *T. molitor* selama 2-3 menit, dibilas dengan air steril, dan dikering anginkan dengan tisu steril.

T. molitor steril dimasukkan kantong kain tile sebanyak 10 ekor. Larva ditimbun dengan sampel tanah hingga tertutup 3/4 bagian. Tahap *baiting* ini menggunakan Larva umpan sebagai tempat berkembang Nematoda Entomopatogen (NEP). NEP akan masuk kedalam larva untuk memperoleh nutrisi yang dibutuhkan. Tahap *baiting* dikatakan selesai apabila larva umpan telah mati.

3.5.4 Identifikasi Nematoda Entomopatogen (NEP)

NEP diidentifikasi untuk mengetahui genus NEP yang telah menginfeksi serangga inang dengan mengamati gejala kutikula dan morfologi NEP. Gejala kutikula diamati dengan melihat adanya perubahan warna pada tubuh larva yang diakibatkan oleh serangan

nematoda parasit serangga (NEP). Sedangkan untuk mengamati morfologi NEP dilakukan dengan cara memancing NEP menggunakan tusuk gigi, kemudian diamati morfologi dibawah mikroskop elektron.

3.5.5 Perbanyakan NEP Secara *In Vivo*

Pembiakan NEP secara *in vivo* merupakan pembiakan NEP yang dilakukan menggunakan larva umpan untuk penyedia nutrisi dan perkembangbiakan NEP. Larva umpan yang digunakan adalah ulat hongkong (*T. molitor*).

a. *White trep*

Tahap *white trep* bertujuan untuk mengeluarkan NEP dari tubuh larva yang telah terinfeksi. *White trep* dilakukan dengan memasukkan larva umpan *T. molitor* hasil dari *baiting* kedalam cawan petri kecil sebanyak 10 ekor. Cawan petri dialasi kertas saring sebelumnya. Permukaan Larva umpan *T. molitor* sebelum dimasukkan kedalam cawan petri harus dalam keadaan steril, sehingga dilakukan sterilisasi permukaan pada larva umpan *T. molitor*. Aquades ditambahkan pada kertas saring sampai lembab dan basah. Tujuan pemberian aquades tersebut supaya NEP tetap bertahan hidup. Cawan petri dililit sampai rapat dengan plastik *wrap*.

Setelah 3 hari cawan petri tersebut dibuka dan diletakkan dibawah mikroskop stereo untuk diamati apakah sudah ada nematoda yang telah menginfeksi larva. Jika suda terlihat terdapat NEP, maka cawan petri dimasukkan kedalam cawan petri besar. Selanjutnya ditambahkan aquades kedalam cawan petri besar

sebanyak 3/4 dari cawan. Aquades berfungsi sebagai media bagi NEP, sehingga NEP yang keluar dari tubuh larva dapat turun menuju air yang berada didalam cawan petri besar. Selanjutnya dililit cawan petri besar menggunakan plastik *wrap* sampai rapat.

b. Kerapatan Nematoda Entomopatogen (NEP)

Apabila NEP sudah berada didalam air cawan petri besar dan larva hanya terlihat tinggal kulitnya yang tipis, maka dapat dilakukan pemanenan dan perhitungan NEP. NEP di panen dengan cara mengambil air didalam cawan petri besar yang telah berisi NEP (hasil perbanyakan *in vivo*) menggunakan pipet tetes. NEP hasil panen dihitung dengan cara mengambil 1 ml isolat NEP menggunakan mikropipet dan dituangkan kedalam *counting dish*. Dihitung NEP menggunakan *handcounter* dibawah mikroskop stereo. Kemudian dilakukan Perhitungan sebanyak 3 kali dan dirata-rata sehingga diperoleh nilai kerapatan NEP hasil perbanyakan *in vivo* dalam 1 ml.

3.5.6 Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan merupakan uji utama yang dilakukan dengan tujuan untuk mencari taraf kepadatan populasi NEP yang akan dijadikan sebagai uji efektivitas nanti. Uji ini dilakukan dengan cara memberikan isolat NEP pada *S. litura* dengan konsentrasi 0 IJ/ml sampai dengan IJ/ml yang memberikan persentase mortalitas terbesar setelah aplikasi. Pada uji efektivitas menggunakan acuan dari hasil uji pendahuluan. Pada uji pendahuluan ini taraf tingkat kepadatan

populasi NEP dibagi menjadi 5 diantaranya P0 (kontrol) 0 IJ/ml, P1 200 IJ/ml, P2 400 IJ/ml, P3 600 IJ/ml, P4 800 IJ/ml. Hasil uji pendahuluan dari tiap perlakuan tersebut dicari nilai LC 50 yang digunakan untuk mengetahui taraf populasi NEP yang dapat membunuh *S. litura* sebesar 50%. Larva yang digunakan sebagai uji yaitu larva *S. litura* instar III sebanyak 10 ekor. Rancangan uji pendahuluan NEP terhadap *S. litura* dijabarkan dalam tabel berikut :

Tabel 3.3 Hasil uji pendahuluan NEP terhadap *S. litura*

Perlakuan	Ulangan	Jumlah larva <i>S. litura</i> instar III mati (jam setelah aplikasi)										Rata-Rata	Mortalitas larva <i>S. litura</i> instar III %
		1	2	3	4	6	7	8	9	108	120		
P0 (0 IJ/ml)	1	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
P1 (200 IJ/ml)	1	0	0	1	1	1	1	7	7	7	8	7,66	76,6
	2	0	0	0	0	0	0	4	4	4	8		
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7		
P2 (400 IJ/ml)	1	0	0	0	0	1	2	2	2	2	9	9,33	93,3
	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	10		
	3	1	1	1	1	1	1	9	9	9	9		
P3 (600 IJ/ml)	1	0	0	0	1	1	1	7	7	7	7	8,66	86,6
	2	0	0	1	1	1	1	2	2	2	9		
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		
P4 (800 IJ/ml)	1	0	1	1	1	1	1	7	7	7	7	4	40
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5		

Hasil dari uji pendahuluan yang dilakukan selama 120 jam setelah aplikasi (JSA) dihitung nilai LC 50 untuk mengetahui konsentrasi NEP yang mengakibatkan mortalitas *S. litura* sebesar 50%. Hasil uji pendahuluan menunjukkan bahwa LC 50 terletak pada konsentrasi NEP 200 IJ/ml. Hasil ini dijadikan sebagai penetapan taraf konsentrasi NEP untuk uji efektivitas NEP.

3.5.7 Uji Efektivitas

Sebelum isolat NEP dilakukan uji efektivitas terhadap larva *S. litura*, maka konsentrasi isolat NEP hasil perbanyakan harus disesuaikan. Hal tersebut dikarenakan kerapatan NEP yang diperoleh sangat padat ataupun senggang. Berikut rumus pengenceran yang dapat digunakan untuk menyesuaikan konsentrasi NEP :

$$M1.V1 = M2.V2$$

Keterangan

M1 : Konsentrasi awal larutan
 V1 : Volume awal larutan
 M2 : Konsentrasi akhir larutan
 V2 : Volume akhir larutan

Uji efektivitas digunakan untuk mengetahui keefektivitasan nematoda *Steinernema* spp.. Uji efektivitas NEP dilakukan dengan menentukan nilai LC 50 dan LT 50 selama 120 JSA terhadap konsentrasi nematoda *Steinernema* spp. supaya nematoda dapat efektif mengendalikan *S. litura* dengan konsentrasi optimal. Sedangkan LT 50 dapat mengetahui waktu kontak optimal antara nematoda *Steinernema* spp. dengan *S. litura*. Uji efektivitas dilakukan dengan membuat 5 taraf konsentrasi NEP dengan 5 kali ulangan. Susunan taraf konsentrasi NEP uji efektivitas sebagai berikut :

P0 : kontrol : 1 ml aquades
 P1 : 200 IJ/ml : 180 ml + 1 ml aquades
 P2 : 350 IJ/ml : 314 ml + 1 ml aquades
 P3 : 500 IJ/ml : 450 ml + 1 ml aquades
 P4 : 650 IJ/ml : 584 ml + 1 ml aquades

Skema Uji

	P0	P1	P2	P3	P4
	↓	↓	↓	↓	↓
Ulangan	Kontrol	P1	P2	P3	P4
1	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○

Keterangan:

P0-P4 : Isolat NEP untuk perlakuan

○ : Tempat uji, masing-masing berisi 10 ekor larva *S. litura* di dalamnya.

Pada uji efektivitas ini dilakukan sedikit modifikasi untuk alat yang digunakan saat proses uji yaitu mengganti cawan petri kecil dengan gelas agar-agar plastik kecil yang dialasi kertas saring dan ditutup kain tile dengan karet. *S. litura* dimasukkan kedalam gelas agar-agar plastik kecil sebanyak 10 ekor. Isolat NEP diinokulasikan dengan tingkat kepadatan populasi sesuai yang telah ditentukan dari hasil uji pendahuluan diantaranya P0 (kontrol) 0 IJ/ml, P1 200 IJ/ml, P2 350 IJ/ml, P3 500 IJ/ml, P4 650 IJ/ml. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak 5 kali ulangan. Daun jarak kepyar dimasukkan sebagai pakan saat proses uji sampai selesai. Pakan diberikan setiap hari agar dapat dipastikan bahwa hewan uji mati bukan karena kelaparan melainkan terinfeksi oleh NEP. Uji efektivitas dilakukan dengan membuat 5 tingkatan/level sebanyak 5 kali ulangan. Selanjutnya dilakukan pengamatan (12, 24, 36, 48, 60, 72, 96, 120 JSA) dan perhitungan mortalitas sesuai perlakuan. Data yang didapatkan

disusun dalam bentuk persentase mortalitas *S. litura* dan kerapatan populasi NEP.

3.6 Parameter

Pada penelitian ini parameter yang diukur adalah larva *S. litura* yang telah mati. Mortalitas larva *S. litura* diamati sesudah suspensi NEP diberikan berdasarkan konsentrasi yang telah ditentukan. Persentase mortalitas dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Manan dan Agus, 2009) :

$$\text{Mortalitas larva} = \frac{\Sigma \text{larva mati}}{\Sigma \text{larva semula}} \times 100\%$$

Sedangkan apabila pada perlakuan kontrol terdapat larva yang mati, maka dihitung menggunakan rumus Abbot (Subagya, 2005).

$$P_t = \frac{P_o - P_c}{100 - P_c} \times 100\%$$

Keterangan :

P_t : Persentasi kematian terkoreksi

P_o : Persentasi kematian terkoreksi larva pada perlakuan

P_c : Persentasi kematian terkoreksi larva pada kontrol

3.7 Analisis Data

Data hasil dari penelitian ini berupa nilai mortalitas larva *S. litura* yang diakibatkan oleh pemberian infeksi juvenil nematoda entomopatogen. Data yang telah diperoleh ternyata tidak memenuhi syarat normalitas maupun homogenitas, sehingga digunakan uji alternatif non-parametrik *Kruskal-wallis*. Uji *kruskal-wallis* ini untuk mengetahui persen mortalitas larva *S. litura* terhadap perlakuan yang telah diberikan, selanjutnya dilakukan uji *Mann whitney* untuk dapat mengetahui

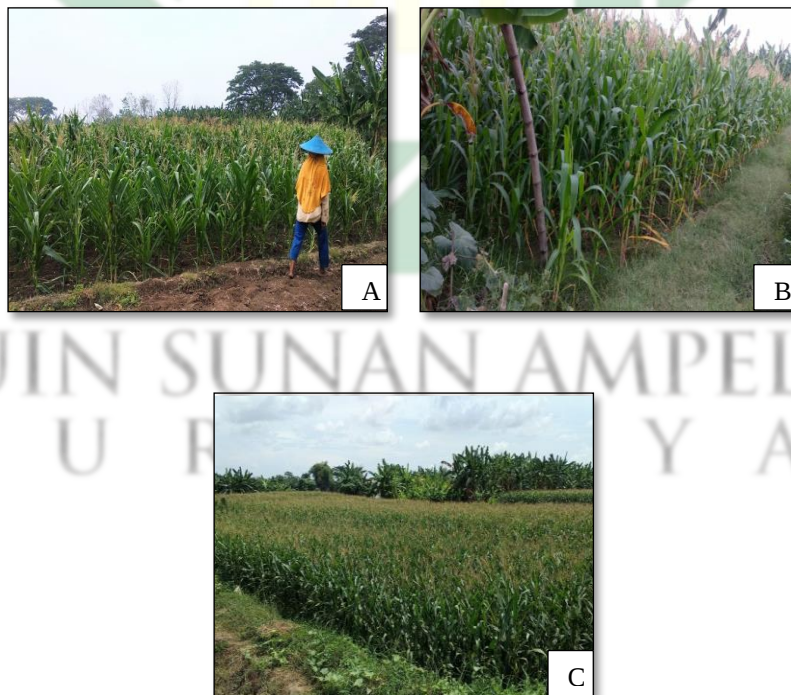
perbedaan perlakuan satu dengan perlakuan lainnya. Sedangkan *Lethal concentration* dan *Lethal time* data dilakukan dengan uji analisis probit.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Dekripsi Lahan

Kabupaten Lamongan termasuk salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur Ibu Kota Lamongan yang memiliki luas wilayah mencapai 1.812,8 km². Secara astronomis Kabupaten Lamongan terletak pada 6°51'54"-7°23'06" LS dan 112°33'45" BT, wilayah didominasi oleh penggunaan sektor pertanian yang menjadi basis utama seperti jagung. Jagung merupakan salah satu komoditas pertanian unggulan di Kabupaten Lamongan selain padi. Kecamatan di Kabupaten Lamongan berjumlah 27 kecamatan dengan tengahnya terbelah oleh sungai bengawan solo. Kecamatan tersebut terdiri dari 12 kelurahan, 462 desa, dan 1.431 dusun (Lisa, 2018).



Gambar 4.1 Lahan tanaman jagung
Keterangan : A. Desa Palangan, B. Desa Sugih waras, C. Desa Latukan
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2021)

Sampel tanah yang digunakan untuk memperoleh NEP yaitu tanah tanaman jagung. Lokasi pengambilan sampel tanah adalah Desa Palangan di Kecamatan Karangbinangun, Desa Sugih waras di Kecamatan Kalitengah, dan Desa Latukan di Kecamatan Karanggeneng. Tiga desa ini termasuk daerah Bonorowo bagian Tengah Selatan Kabupaten Lamongan yang kawasannya berpotensi banjir. Jika dilihat dari jenis tanah daerah Bonorowo bagian Tengah Selatan merupakan tanah *alluvial* yang berasal dari material banjir dan belum mengandung *diferensiasi horizon* tanah karena belum mengalami pengembangan. Menurut Melia (2013) tanah *alluvial* termasuk jenis tanah yang subur sehingga cocok bagi pertanian. Hal ini disebabkan tanah yang diperoleh berasal dari beberapa aliran sungai. Nematoda entomopatogen hidup didalam tanah sehingga untuk mendapatkannya dengan umpan larva yang *dibaiting* dengan tanah.

Tabel 4.1 Hasil analisis sampel tanah

Sampel tanah	Keasaman (PH) tanah	Suhu	C Organik	Tekstur
Desa Palangan	4,15	30° C	Banyak buih	SiL
Desa Sugih Waras	4,50	30° C	Banyak buih	SiL
Desa Latukan	4,85	28° C	Banyak buih	SiL

Keterangan : SiL : *Silty Loam* (Lempung berdebu)

Sampel tanah jagung dari Desa Palangan, Desa Sugih waras, dan Desa Latukan mempunyai tekstur yang sama yaitu lempung berdebu dan lembab (Tabel 4.1), maka kondisi tanahnya remah. NEP mempunyai mobilitas yang sangat berkaitan dengan tekstur tanah untuk menyebar dan mencari serangga inang didalam tanah (Suyadi *et al.*, 2017). Tanah dengan tekstur remah sangat memudahkan NEP bergerak dengan kandungan oksigen lebih tinggi bagi pernafasan. Nugrohorini (2010) juga melaporkan bahwa tanah bertekstur lempung berliat tidak cocok bagi kehidupan NEP dikarenakan tidak terdapat

rongga sehingga oksigen tidak bisa masuk secara maksimal kedalam tanah. Selain itu, efektivitas hidup NEP menunjukkan jauh lebih baik pada tanah bertekstur pasir karena memudahkan oksigen dan air keluar masuk sehingga ketersediannya didalam tanah menjadi bagus. Air dan oksigen tersebut juga membantu NEP bergerak menuju inang dan bertahan hidup (Suyadi *et al.*, 2017).

Faktor lain yang mempengaruhi keberadaan NEP dalam tanah yaitu PH, suhu, dan C organik. Berdasarkan pengukuran PH diperoleh nilai yang masih ideal bagi pertumbuhan NEP diantaranya Desa Palangan adalah 4,15, Desa Sugih waras adalah 4,50, dan Desa Latukan 4,85 (Tabel 4.1). Kisaran nilai PH untuk kelangsungan hidup NEP yang ideal adalah 4,3-7,0 dengan demikian PH tanah sangat berpengaruh terhadap kehidupan NEP.

Pada hasil pengukuran suhu Desa Palangan adalah 30° C, Desa Sugih waras adalah 30° C, dan Desa Latukan adalah 28° C (Tabel 4.1). Menurut Indriyanti *et al.*, (2014) adapun habitat NEP adalah daerah yang tidak terlalu panas dan dingin berkisar antara 10-35° C. Berdasarkan hal tersebut menunjukkan bahwa suhu dari ketiga desa tergolong masih ideal untuk habitat NEP. Sedangkan untuk kandungan organik hasil penelitian dari ketiga tanah setelah direndam dengan air dan ditambahkan cairan H₂O₂ muncul buih (gelembung) yang cukup banyak. Rata-rata bahan organik tanah mengandung 58% karbon organik. Menurut Simarmata *et al.*, (2019) karbon organik dapat mudah teroksidasi dengan hidrogen peroksida (H₂O₂), sehingga massa tanah yang ditetesi hidrogen peroksida (H₂O₂) akan teroksidasi dengan ditandai munculnya buih (gelembung). Semakin lama waktu reaksi dan

munculnya banyak buih dapat diduga kandungan bahan organik tanah tersebut tinggi. Nematoda umumnya hidup pada tempat kaya bahan organik yang menjadi sumber makanannya. Imah (2012) membuktikan hal tersebut pada hasil penelitiannya yaitu diperoleh populasi NEP meningkat pada kandungan organik tinggi dikarenakan nematoda hidup dengan memanfaatkan bahan organik seperti makan serangga atau organisme lain. Berdasarkan hal tersebut maka semakin banyak bahan organik semakin banyak pula populasi NEP.

4.2 Isolasi dan Identifikasi NEP



Gambar 4.2 Identifikasi NEP

Keterangan : A. Gejala kutikula larva *T. molitor*, B. Morfologi NEP *Steinernema* spp.,
C. Referensi morfologi NEP *Steinernema* spp
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2022 ; Hipti *et al.*, 2021)

Berdasarkan hasil identifikasi bahwa NEP isolat lamongan yang diperoleh berasal dari genus *Steinernema*. Hasil *baiting* umpan larva *T. molitor* yang dikubur tanah jagung selama 5 hari menunjukkan gejala

terinfeksi NEP yang ditandai dengan ciri-ciri pergerakan atau aktivitas mulai menurun, cenderung diam, tubuh lembek namun tidak hancur, dan akhirnya mati. Nematoda *Steinernema* spp. merusak jaringan tubuh *T. molitor* sehingga apabila dibedah tubuh serangga hancur dan mengeluarkan cairan, namun tidak menimbulkan bau busuk. Gejala lain juga menunjukkan adanya perubahan warna kutikula larva menjadi coklat karamel atau coklat kehitaman yang terlihat pada gambar 4.2 (A). Hasil *baiting* ini sesuai dengan hasil *baiting* Afifah *et al.*, (2013) dalam penelitiannya. Menurut Nugrohorini (2007) bahwa larva yang terinfeksi NEP tubuhnya tidak bergerak, tubuh menjadi lunak tetapi masih utuh, dan terjadi perubahan warna kutikula. Menurut Nugrohorini (2010) apabila kutikula larva berubah warna menjadi kemerahan maka terinfeksi oleh NEP dari genus *Heterorhabditis*. Sementara kutikula larva berubah warna menjadi coklat karamel ataupun kehitaman maka terinfeksi NEP dari genus *Steinernema*.

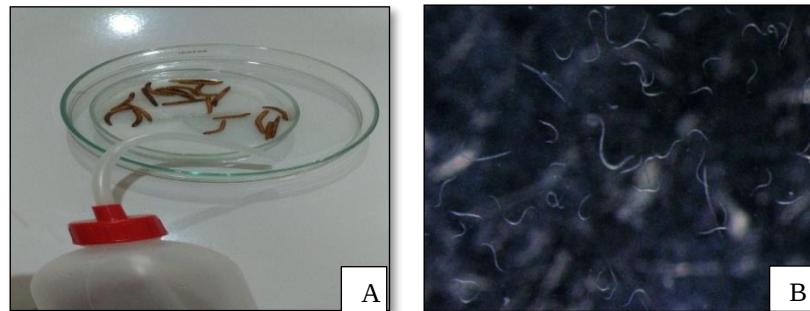
Gejala perubahan warna kutikula *S. litura* menjadi coklat karamel atau coklat kehitaman tersebut karena adanya proses fisiologis (Safitri *et al.*, 2013). Sedangkan warna kutikula coklat kehitaman berasal dari pigmen yang dihasilkan oleh bakteri simbion pada *S. litura* (Zahro'in, 2012). Selain itu, Entomotoksin yang dihasilkan bakteri simbion juga mempengaruhi terjadinya perubahan warna kutikula *S. litura* yang menjadi coklat kehitaman akibat nematoda *Steinernem* spp (Maulida, 2021).

Identifikasi nematoda juga dilakukan dengan pengamatan pada morfologinya sebagai pendukung agar lebih akurat untuk dapat dipastikan bahwa yang menginfeksi larva *T. molitor* adalah nematoda *Steinernema*.

Identifikasi morfologi nematoda disesuaikan berdasarkan deskripsi NEP. Menurut Tanada dan Kaya (1993) pada umumnya NEP mempunyai bentuk tubuh khas yaitu berbentuk seperti cacing, panjang namun sedikit silindris, transparan, dan tubuh diselubungi kutikula. Selain itu, NEP mempunyai sistem pencernaan, sistem reproduksi, dan sistem saraf. Berdasarkan hasil pengamatan morfologi nematoda mempunyai kepala halus tidak berkait, tubuh transparan dan diselubungi kutikula, berekor runcing, tidak mempunyai stilet, dan tidak terdapat bursa kopulatrik pada bagian ekor (gambar 4.2 B). Hasil pengamatan morfologi nematoda sama seperti hasil penelitian Saputra *et al.*, (2017). Menurut Gaugler (2001) bahwa nematoda *Steinernema* spp. mempunyai ciri pada bagian ekor runcing dan tidak terdapat bursa kopulatrik. Berdasarkan hal tersebut dapat dinyatakan bahwa nematoda yang menginfeksi larva berasal dari filum Nemathelminthes, kelas Scernentea, Ordo Rahabditida, famili Steinernematidae, dan Genus *Steinernema*. Menurut Kaya (1993) dan Gaugler (2001) nematoda *Steinernema* spp. masuk dalam filum Nemathelminthes memiliki tubuh memanjang ditutupi kutikula, tidak bersilia, alat pencernaan lengkap berbentuk lurus dari mulut sampai anus, dan hidup bebas.

Pada penelitian ini nematoda yang ditemukan hanya satu jenis yaitu nematoda dari genus *Steinernema*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Anggraini (2003) dalam penelitiannya bahwa tidak pernah didapatkan dua jenis nematoda secara bersamaan dalam satu serangga uji karena diduga adanya hubungan spesifik antara inang dan nematoda, begitupun bakteri simbion dari masing-masing jenis NEP.

4.3 Kerapatan NEP



Gambar 4.3 Perbanyakan NEP

Keterangan : A. *white trap*, B. Hasil pembiakan NEP
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2022)

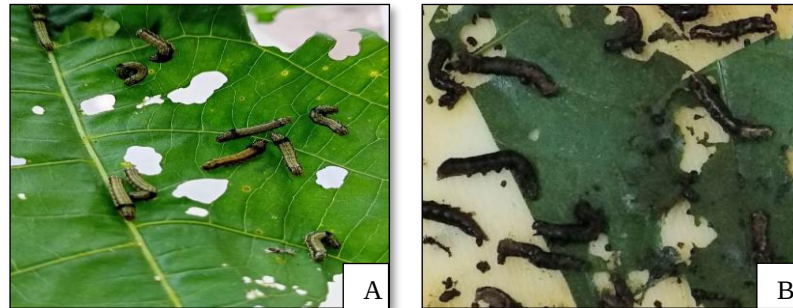
Nematoda entomopatogen yang diperoleh dari hasil isolasi diperbanyak secara *in vivo* dengan metoda *white trap* (gambar 4.3 A). Metode *white trap* atau perangkap *white* menggunakan air sebagai media untuk memperoleh NEP hasil perbanyakan dikarenakan nematoda yang menyukai tempat lembab (Afifah *et al.*, 2013). Nematoda *Steinernema* spp. diperbanyak dengan ulat hongkong. Ulat hongkong adalah larva dari serangga jenis *T. Molitor*. Ulat hongkong (*T. molitor*) sebagai serangga inang untuk nematoda berkembang biak. *T. molitor* digunakan sebagai inang dalam perbanyakan karena dapat mengalami pergantian kulit dan masih lunak sehingga nematoda mudah untuk menginfeksi. Selain itu, *T. molitor* tidak sulit didapatkan dan banyak dijual di toko pasar burung (Saputra *et al.*, 2017). Ulat hongkong sebelum digunakan disterilisasi permukaan untuk menghindari terjadinya kontaminasi dari serangga maupun organisme lain (Nugrohorini, 2012). Proses perbanyakan NEP berlangsung hingga 3 minggu. Hasil dari pembiakan NEP yang diperoleh seperti pada gambar 4.3 (B) selanjutnya dipanen dan dihitung kerapatannya menggunakan *handcounter* dibawah mikroskop stereo.

Hasil perbanyakan diperoleh jumlah rata-rata kerapatan NEP adalah 1.113 IJ/ml. Jumlah ini termasuk bagus dan sudah cukup memadai untuk pengendalian hayati. Hal ini seperti yang telah dilaporkan oleh Nugrohorini (2010) dalam hasil penelitiannya bahwa konsentrasi nematoda sebesar 4,52 IJ/ml dan 12,5 IJ/ml yang diaplikasikan pada larva *Plutella xylostella* sudah dapat menyebabkan kematian larva 50%. Selanjutnya Afifah *et al.*, (2014) juga menyatakan hasil penelitiannya yaitu dalam waktu 24 jam JSA larva *S. litura* instar 3 mengalami kematian yang diakibatkan nematoda dengan konsentrasi sebesar 300 IJ/1,5 ml. Berdasarkan hal tersebut maka populasi NEP *Steinernema* spp. hasil perbanyakan sudah memenuhi jumlah populasi maka dapat digunakan sebagai isolat lokal lamongan dalam pengendalian hayati.

4.4 Pengaruh Nematoda Entomopatogen Terhadap Mortalitas Larva *S. litura*

Berdasarkan rata-rata persentase mortalitas *S. litura* dibawah ini (tabel 4.2) perlakuan kontrol (P0) yang tidak diberikan IJ namun dengan aquades selama 120 JSA tidak terjadi kematian. Perlakuan kontrol (P0) ini sebagai pengontrol bagi perlakuan yang menggunakan konsentrasi IJ NEP, sehingga dengan tidak terjadinya kematian pada P0 maka dapat membuktikan bahwa tanpa pemberian IJ NEP larva *S. litura* masih bertahan hidup selama 120 JSA. Selain itu, perilaku *S. litura* yang hanya diberikan aquades (perlakuan kontrol) pergerakannya masih aktif dengan daya makan tinggi dibanding yang diberikan isolat nematoda *Steinernema* spp. cenderung diam dan tidak nafsu makan sehingga tubuhnya lemas. Pada penelitian Tukimin *et al.*, (2014) juga

mempunyai perilaku sama yaitu larva pergerakannya pasif dan lemas setelah pemberian nematoda *Steinernema* spp..



Gambar 4.4 Larva *S. litura*

Keterangan : A. *S. litura* perlakuan kontrol, B. *S. litura* perlakuan isolat nematoda *Steinernema* spp.

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2022)

Tabel 4.2 Rata-Rata Persentase Mortalitas Larva *S. Litura*

Perlakuan	Rata-Rata Persentase (%) Mortalitas Larva <i>S. Litura</i>							
	12 JSA	24 JSA	36 JSA	48 JSA	60 JSA	72 JSA	96 JSA	120 JSA
P0 (0 IJ/ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
Isolat Lokal Lamongan	P1 (200 IJ/ml)	0	0	0	8	20	42	88
	P2 (350 IJ/ml)	0	0	0	0	10	40	84
	P3 (500 IJ/ml)	0	0	0	10	18	44	72
	P4 (650 IJ/ml)	0	0	0	2	4	16	88
	P1 (200 IJ/ml)	0	0	4	8	16	24	80
Isolat BBPPTP Surabaya	P2 (350 IJ/ml)	0	0	0	2	12	50	90
	P3 (500 IJ/ml)	0	0	2	4	12	28	92
	P4 (650 IJ/ml)	0	0	4	6	16	26	88
	P4 (650 IJ/ml)	0	0	4	6	16	26	88

Keterangan : JSA : Jam Setelah Aplikasi

Pada NEP isolat lokal Lamongan menyebabkan mortalitas pertama terhadap larva *S. litura* yaitu P4 sebesar 2% pada 48 JSA, sedangkan NEP isolat BBPPTP yaitu P1 4%, P3 2%, dan P4 4% pada 36 JSA (tabel 4.2). Hasil ini sesuai dengan penelitian Sunarto dan Irwan (2019) bahwa dalam

kurun waktu 24-48 jam NEP *Steinernema* spp. mampu menimbulkan mortalitas pada serangga . Menurut Kachhawa (2017) setelah NEP berhasil masuk kedalam tubuh serangga inang dan berada dalam haemocol akan melepaskan bakteri simbion. Bakteri simbion menghasilkan toksin. Toksin tersebut dalam kurun waktu 24-48 jam dapat menyebabkan kematian serangga inang .



Gambar 4.5 Larva *S. litura* ketika dibedah
Sumber (Dokumen Pribadi, 2022)

Larva *S. litura* yang terinfeksi NEP tubuhnya mengalami kerusakan dan jaringan menjadi cairan dikarenakan nutrisi dalam tubuh larva terserap. Hal tersebut menyebabkan homolimpha juga mengalami keracunan. Terjadinya kematian serangga yaitu secara *septicemia* (keracunan darah) dalam kurun waktu beberapa jam sampai 3 hari namun sesuai spesies nematoda dan temperaturnya (Chaerani, 1996) yang terlihat pada gambar 4.5.

Berdasarkan hasil rata-rata persentase mortalitas larva *S. litura* dalam tabel 4.2 bahwa konsentrasi NEP antara isolat lokal Lamongan dan BBPPTP Surabaya mempengaruhi mortalitas larva *S. litura*. Hal tersebut ditunjukkan dengan bertambahnya jumlah mortalitas *S. litura* yang terinfeksi nematoda dalam waktu beberapa jam yaitu antara 12-120 jam. Hasil ini sejalan dengan Ricci *et al.*, (1996) bahwa jumlah NEP yang memenerasi serangga inang

dan masuk kedalam tubuh akan meningkat sesuai dengan lamanya waktu kontak, sehingga menyebabkan terjadinya mortalitas larva *S. litura* yang terus bertambah.

Hasil penelitian dalam tabel 4.2 menunjukkan bahwa kedua isolat NEP mampu menginfeksi dan menyebabkan kematian larva *S. litura*. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat dinyatakan kedua isolat mempan terhadap larva *S. litura*. Namun demikian jumlah rata-rata persentase mortalitas *S. litura* yang ditimbulkan oleh NEP isolat Lamongan lebih rendah yaitu pada P3 (350 IJ/ml) sebesar 72% selama 120 JSA, sementara NEP isolat BBPPTP Surabaya pada P3 (350 IJ/ml) sebesar 92% selama 120 JSA. Menurut Manan dan Suyanto (2009) hal ini diduga NEP isolat Lamongan mempunyai kemampuan penetrasi kurang tinggi atau bisa juga karena ketidaksesuaian nematoda dengan bakteri simbiosis sehingga produksi toksin oleh bakteri menjadi rendah.

Jumlah individu nematoda yang masuk kedalam tubuh serangga inang sangat mempengaruhi mortalitas serangga. Hal ini seperti hasil rata-rata persentase mortalitas yang diperoleh NEP isolat Lamongan pada P2 (84%) dan P3 (72%), Sedangkan NEP isolat BBPPTP Surabaya pada P1 (80%) dan P4 (88%). Hasil tersebut sesuai yang dilaporkan oleh Suyanto (2004) bahwa terdapat mortalitas pada beberapa perlakuan tidak mampu mengalami peningkatan akibat pemberian konsentrasi NEP melainkan mengalami penurunan, namun hasilnya tidak jauh berbeda dengan mortalitas tertinggi. Hal ini dapat terjadi karena diduga adanya persaingan antar nematoda, sehingga nematoda yang berhasil masuk kedalam tubuh inang sedikit

(Suyanto dan Munadjat, 2004). Pernyataan tersebut juga sesuai yang dilaporkan oleh Wouts (1980) bahwa mortalitas larva akan bertambah meningkat apabila jumlah nematoda yang masuk dalam tubuh dan menginfeksi juga banyak. Selain itu, mortalitas yang terjadi pada larva *S. litura* dipengaruhi 2 kunci keberhasilan diantaranya pertama nematoda berhasil menembus tubuh larva dan menginfeksi, kedua bakteri simbiosis menghasilkan toksin yang mampu mematikan secara cepat serangga inang. Toksin yang dihasilkan mampu menghambat adanya pertumbuhan mikron pesaing (Gauler, 2006 dan Indobiogen, 2007).

Analisis hasil rata-rata persentase mortalitas yang telah diperoleh dengan uji statistik. Pada hasil uji normalitas NEP data tidak terdistribusi normal dan tidak homogen, maka data dianalisis secara non-parametrik dengan uji *Kruskal-wallis*. Hasil uji *Kruskal-wallis* NEP dalam tabel berikut,

Tabel 4.3 Uji *Kruskal-wallis* NEP terhadap *S. litura*

	Perlakuan	N	Rerata	P-Value
NEP Isolat Lamongan	P0 (0 IJ/ml)	5	3.00	0.00
	P1 (200 IJ/ml)	5	18.50	
	P2 (350 IJ/ml)	5	14.90	
	P3 (500 IJ/ml)	5	10.70	
	P4 (650 IJ/ml)	5	17.90	
NEP Isolat BBPPTP Surabaya	P0 (0 IJ/ml)	5	3.00	0.00
	P1 (200 IJ/ml)	5	11.10	
	P2 (350 IJ/ml)	5	16.50	
	P3 (500 IJ/ml)	5	17.90	
	P4 (650 IJ/ml)	5	16.50	

Berdasarkan hasil uji *Kruskal-wallis* dalam tabel 4.3 bahwa pada berbagai perlakuan konsentrasi NEP terhadap mortalitas *S. litura* diperoleh nilai *P-Value* antara isolat Lamongan dan BBPPTP Surabaya adalah 0.00. Nilai *P-Value* yang didapatkan <0.05 , sehingga dapat dinyatakan bahwa ada perbedaan antara perlakuan kontrol, pemberian NEP isolat Lamongan dan

BBPPTP Surabaya terhadap mortalitas *S. litura*. Selanjutnya dilakukan uji *Post hoc* yaitu dengan menggunakan *Mann whitney* supaya diketahui letak suatu perbedaan antar tiap perlakuan isolat NEP tersebut. Hasil uji *Mann whitney* dalam tabel berikut,

Tabel 4.4 Hasil uji *Mann whitney* NEP terhadap *S. litura*

NEP	Nilai mean mortalitas larva <i>S. litura</i>				
	P0	P1	P2	P3	P4
Isolat Lamongan	0.00±0.000 ^a	8.80±0.447 ^b	8.40±0.894 ^{bc}	7.20±1.483 ^c	8.80±0.837 ^{bc}
Isolat BBPPTP Surabaya	0.00±0.000 ^a	8.00±1.000 ^b	9.00±0.707 ^b	9.20±0.837 ^b	9.00±0.707 ^b

Keterangan : P0= kontrol (0 IJ/ml), P1= Perlakuan (200 IJ/ml), P2= Perlakuan (350 IJ/ml), P3= Perlakuan (500 IJ/ml), P4= Perlakuan (650 IJ/ml).

^{a,b,c}= notasi huruf serupa berarti tidak ada perbedaan nyata. Pada taraf uji *Mann whitney* memiliki nilai 5%.

Berdasarkan hasil uji *Mann whitney* dalam tabel 4.4 bahwa pada beberapa perlakuan konsentrasi NEP isolat Lamongan terhadap mortalitas *S. litura* ($P > 0,05$) yaitu P1;P2, P1;P4, P2;P3, P2;P4, P3;P4. Namun terdapat perlakuan yang berbeda nyata ($P < 0,05$) yaitu P0;P1, P0;P2, P0;P3, P0;P4, P1;P3. Sedangkan pada isolat BBPPTP perlakuan yang tidak berbeda ($P > 0,05$) yaitu P1;P2, P1;P3, P1;P4, P2;P3, P2;P4, P3;P4, sementara perlakuan yang berbeda nyata ($P < 0,05$) yaitu P0;P1, P0;P2, P0;P3, P0;P4. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh bahwa perlakuan konsentrasi NEP kedua isolat mampu memberikan pengaruh berbeda terhadap rata-rata mortalitas *S. litura*. Sedangkan P0 (kontrol) tidak memberikan pengaruh terhadap mortalitas *S. litura*, hal ini dikarenakan P0 (kontrol) tidak mengalami kematian pada *S. litura* sehingga menghasilkan perlakuan konsentrasi yang signifikan terhadap perlakuan kontrol (Makkiah *et al.*, 2020).

4.5 Efektivitas Nematoda Entomopatogen

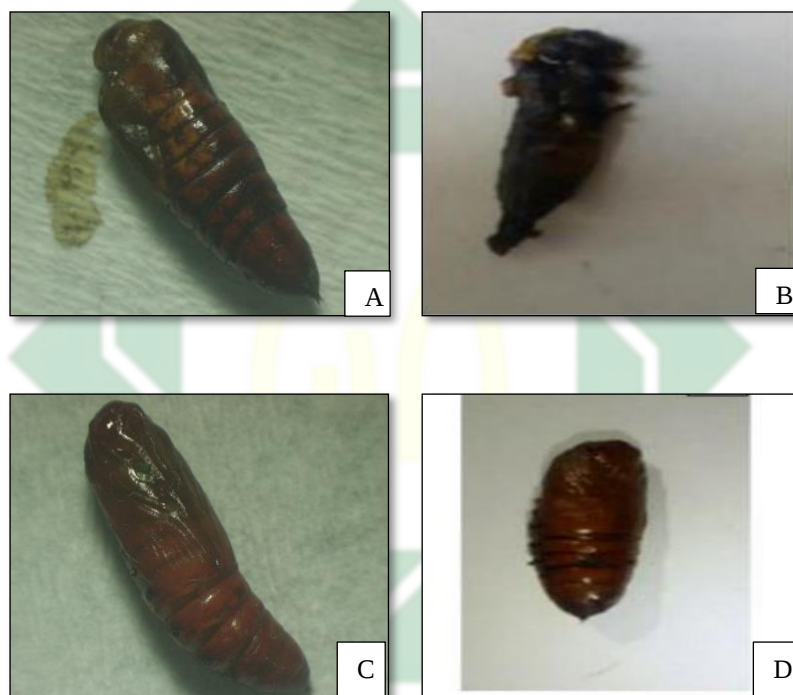
Uji efektivitas NEP isolat Lamongan dalam penelitian ini ditentukan dari nilai LC 50 (*Lethal Concentration*) dan LT 50 (*Lethal Time*). Nilai LC 50 digunakan untuk mengetahui konsentasi optimal dan efektif NEP isolat lokal Lamongan dalam membunuh *S. litura* sebesar 50%. Sedangkan LT 50 bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimal antara nematoda dengan larva *S. litura*, sehingga kematian yang disebabkan dapat terjadi secara optimal (Qodiriyah *et al.*, 2015).

Tabel 4.5 *Lethal Concentration* dan *Lethal Time* Larva *S. litura*

	Hasil	Nilai R Square
LC 50	149 IJ/ml	0.581
LT 50	194 JSA	0.782

Berdasarkan hasil analisis probit yang ditunjukkan dalam tabel 4.5 diperoleh nilai R Square sebesar 0.581 atau samadengan 58,1 %. Hasil ini menunjukkan bahwa untuk dapat membunuh 50% *S. litura* dibutuhkan konsentasi NEP isolat lokal Lamongan (LC 50) sebesar 149 IJ/ml dengan waktu 194 JSA. Nilai LC 50 yang diperoleh dipengaruhi beberapa faktor kinerja nematoda *Steinernema* spp. pada saat menginfeksi inangnya. Adapun faktor tersebut adalah kelembapan, suhu, PH, dan cahaya. Kondisi lingkungan yang lembab sangat dibutuhkan oleh NEP karena air yang membantu nematoda *Steinernema* spp. dalam menjangkau inangnya, apabila kelembapan lingkungan rendah maka nematoda akan mengalami kesulitan (Mzart, 2021). Suhu lingkungan yang dibutuhkan untuk nematoda *Steinernema* spp. bertahan hidup adalah 8-35°C dan suhu optimal 25°C, dengan suhu tersebut NEP dapat menjangkau inangnya. NEP akan mati jika suhu lingkungan tinggi, sedangkan NEP akan inaktif jika suhu lingkungan rendah (M. Iortkipanidze, 2012). PH

NEP yang optimal berkisar antara 7-8, Viabilitas NEP dapat menurun apabila PH terlalu asam dan basa. NEP juga sensitif terhadap sinar UV karena aktifitas NEP dapat menurun (I.G.A.A, 2018). Sedangkan LT 50 nematoda juga dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya mobilitas nematoda yang digunakan, ketahanan larva, dan mobilitas larva dan media yang digunakan (Ariana, 2002).



Gambar 4.6 Kepompong larva *S. litura*

Keterangan : A. Kepompong abnormal *S. litura*, B. Referensi kepompong abnormal *S. litura*, C. Kepompong normal *S. litura*, D. Referensi kepompong normal *S. litura*

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2022; Syahroni dan Nanang, 2019)

Pada penelitian uji efektifitas ini terdapat *S. litura* yang lolos meskipun terinfeksi NEP, hingga berkembang menjadi stadia pupa. Namun pupa mengalami abnormal. Ukuran tubuh *S. litura* yang semakin besar dan berat serta umurnya, maka akan lebih tahan terhadap infeksi NEP. Sementara itu, kemampuan *S. litura* dalam membentuk pupa juga semakin besar (Syahroni dan Nawang, 2019). Berdasarkan hasil penelitian jumlah pupa yang

diperoleh dari 450 larva uji *S. litura* terbentuk sebanyak 6 pupa (kontrol atau tidak terinfeksi nematoda) dan 10 pupa (terinfeksi NEP). Berdasarkan pengamatan menunjukkan bahwa pupa normal mempunyai warna kemerahan, tidak keriput, dan pupa bergerak-gerak saat memasuki stadia prapupa (Gambar 4.6 C). Sedangkan pupa abnormal mempunyai warna lebih hitam, mengeluarkan cairan, dan berbau tidak sedap (Gambar A). Hal ini sesuai dengan Lisyaaadah *et al.*, (2014) mengatakan bahwa pupa *S. litura* yang telah terinfeksi nematoda akan berwarna hitam dan mengeluarkan cairan yang mengandung *polyhedral* apabila ditekan.

Berdasarkan uji efektivitas yang telah dilakukan dapat membuktikan bahwa NEP isolat Lamongan efektif untuk digunakan sebagai agens pengendali hayati hama tanaman yang ramah lingkungan, sehingga dapat mengurangi penggunaan insektisida kimia. Bumi menjadi rusak yang salah satunya diakibatkan adanya pencemaran lingkungan. Kecerobohan pemanfaatan senyawa kimia oleh manusia termasuk penyebab terjadinya pencemaran lingkungan. Hal ini seperti yang terjadi dalam kasus tersebut yaitu penggunaan insektisida dalam bidang pertanian. Manusia diperintahkan Allah untuk berbuat baik antar sesama makhluk hidup dan lingkungannya yaitu dengan cara menjaga dan melestarikannya. Manusia dilarang merusak ciptaannya seperti mencemari lingkungan dan menghancurkan ekosistem, dalam hal ini Allah SWT berfirman dalam surat Al-Baqarah ayat 205:

وَالنَّسْلَ الْحَرْثَ وَيُهْلِكَ فِيهَا لِيُفْسِدَ الْأَرْضَ فِي سَعَى تَوَلَّى وَإِذَا ٱللَّهُ وَ ٱلْفَسَادَ يُحِبُّ

Artinya: “Dan apabila ia berpaling (dari kamu), ia berjalan di bumi untuk mengadakan kerusakan padanya, dan merusak tanam-tanaman dan binatang ternak, dan Allah tidak menyukai kebinasaan” (Q.S Al-Baqarah: 205).

Suatu kedewasaan memunculkan kesadaran baru yang menjadikan manusia lebih bijaksana dalam memanfaatkan dan melestarikan alam. Kesadaran sangat bernilai karena tanpanya usia bumi ini tinggal beberapa saat lagi. Bakri (2002) juga menjelaskan mengenai maksud kesadaran bahwa kesadaran baru dapat mendorong manusia untuk menggunakan teknologi maupun cara yang aman dalam memanfaatkan alam. Pilihan ini untuk mencegah kerusakan alam lebih jauh lagi seperti dengan menggunakan cara ataupun bahan yang alamiah. Sistem kehidupan kita sebenarnya seimbang dan harmoni, begitupun juga Allah telah menciptakan alam untuk berperilaku seimbang sehingga apabila organisme telah menjadi berbahaya maka organisme lain akan siap menjadi lawannya.

Umumnya keberadaan NEP tidak banyak diketahui oleh orang karena bentuk tubuhnya yang tidak terlihat dan kecil serta hidupnya didalam tanah menjadikannya terabaikan. Meskipun NEP organisme yang sulit untuk dilihat namun manfaatnya begitu besar bagi lingkungan. Nematoda ada yang parasit dan non-parasit, salah satunya nematoda *Steinernema* spp. yang termasuk non-parasit yang dapat digunakan sebagai agens pengendali hayati hama tanaman. Surat Al-Baqarah ayat 26 Allah SWT berfirman:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ.....

Artinya: "Sesungguhnya Allah tidak enggan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih kecil dari itu. Ada orang-orang yang beriman yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka. Sedangkan mereka yang kafir mengatakan, 'Apakah maksud Allah menjadikan ini sebagai perumpamaan?' Dengan perumpamaan itu banyak orang disesatkan Allah. Dengan itu pula banyak orang diberi petunjuk oleh-Nya. Tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik." (Q.S Al-Baqarah:26).

Ayat diatas menjelaskan bahwa semua yang Allah SWT ciptakan mempunyai manfaat, bahkan nyamuk diciptakan Allah juga mempunyai manfaat begitupun nematoda. Menurut Faqih (2006) dalam ayat ini Allah SWT memperlihatkan dengan membuat perumpamaan antara nyamuk maupun benda-benda kecil atau bahkan lebih kecil dari itu tidak memadai untuk menunjukkan keagungan Allah.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian uji efektivitas NEP isolat lamongan terhadap larva *S. litura* yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari isolasi Nematoda Entomopatogen (NEP) lahan tanah jagung Lamongan diperoleh nematoda entomopatogen yang berasal dari Genus *Steinernema*.
2. Pemberian konsentrasi nematoda entomopatogen *Steinernema* spp. antara isolat Lamongan dan BBPPTP Surabaya mempunyai pengaruh positif yaitu mampu menimbulkan mortalitas larva *S. litura* instar III. Nematoda entomopatogen *steinernema* lamongan mempunyai kemampuan penetrasi lebih rendah yaitu P3 (350 IJ/ml) sebesar 72%, sementara NEP isolat Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya yaitu P3 (350 IJ/ml) sebesar 92% terhadap mortalitas larva *S. litura* instar III.
3. Hasil uji efektivitas nematoda entomopatogen *Steinernema* spp. terhadap larva *S. litura* instar III diperoleh nilai LC 50 sebesar 149 IJ/ml dan LT 50 sebesar 194 JSA.

5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini diperlukan lebih lanjut penelitian mengenai efektivitas nematoda entomopatogen terhadap hama yang lainnya. Selain itu, uji konsentrasi nematoda entomopatogen dalam skala lapang perlu dilakukan untuk memperoleh konsentrasi yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams BJ & Nguyen KB. 2002. *Taxonomy and Systematics*. Pp 1-28 in: R. Gaugler (Ed). *Entomopathogenic Nematology*. CAB International, Wallingford, Oxford.
- Afifah, Liza. Rahardjo, Bambang Tri. dan Hagus Tarno. 2013. Eksplorasi Nematoda Entomopatogen pada Lahan Tanaman Jagung, Kedelai dan Kubis di Malang serta Virulensinya terhadap *Spodoptera Litura* Fabricius. *Jurnal HPT*. 1 (2) : 2.
- Afriany, Sri Ningsih Desi. Susetyo, Budi. dan Damayanti Buchori. 2013. Pengaruh Lama Ketiadaan Inang *Spodoptera litura* terhadap Kebugaran Parasitoid *Snellenius manilae* dengan menggunakan Manova. *Xplore*. 1 (1) : 1-8.
- Anggraeni, E. D. 2003. Nematoda Entomopatogen pada Beberapa Lahan Palawija dan Hortikultura di Wilayah Bogor dan Cianjur. *Skripsi*. Universitas Pertanian Bogor. Bogor.
- Arifin, M. 1994. Economic Injury Level and Sequential Sampling Technique for the Common Cutworm *Spodoptera litura* F. on Soybean. p:13–37. In Subandi et al.(Eds). *Contr. Centr. Res. Inst. Food Croops Bogor*. No. 82. (1994): 37 hlm.
- Arinana, 2002, Keefektifan Nematoda Entomopatogen *Steirnerma* sp. dan *Heterorhabditis indica* Sebagai Agen hayati Pengendalian Rayap Tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae), Bogor: *Program Pascasarjana IPB*.
- Bedding, R. R, Arkarst. dan H. Kaya. 1993. *Nematodes and Biological Control of Insect Pests*. CSIRO. Australia. 178p.
- Boszormeny E, Rsek TE, Fodor A, Fodor AM, Szldes FL, Hevesi M, Hogan JS, Katona Z, Klein MG, Kormány A, Pekár S, SzentirmaiA, Sztaricskai F & Taylor RAJ. 2009. Isolation and activity of *Xenorhabdus* antimicrobial compounds against the plant pathogens *Erwinia amylovora* and *Phytophthora nicotianae*. *J. Appl Microbiol*. 107: 746–759.
- Brown, SE., Cao AT, Dobson P, Hines ER, Akhurst RJ, and East PD, 2006. Txp40, a Ubiquitous insecticidal toxin protein from *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* Bacteria. *Environ Microbiol*. 72: 1653-1662.
- Cahyono, Aris. Purnawati, Ariks. Mujoko, Tri. dan Presti Mardiyani. 2019. Uji Patogenesitas beberapa Isolat Bakteri Simbion Nematoda Entomopatogen terhadap Larva Krop Kubis *Crociodolomia pavonana*. *Plumula*. 7 (2) : 59.
- Canhilal, R., and G. R. Carner. 2007. *Bacillus thuringiensis* as a pest management tool for control of the squash vine borer, *Melittia cucurbitae* (Lepidoptera: Sesiidae) in South Carolina. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 114: 26–29.

- Chaerani, M., 1996. *Nematoda Patogen Serangga*. Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan Bogor. Bogor.
- Chaerani dan Nurbaeti, B. 2007. Uji Efektivitas Nematoda Entomopatogen (Rhabditida: *Steinernema* Dan *Heterorhabditis*) Sebagai Musuh Alami Non-Endemik Penggerek Batang Padi Kuning (*Scirpophaga Incertulas*). *J. HPT Tropika*. 7 (2).
- Dzulqornain, Riqi. 2020. Pengaruh Penyerapan Tenaga Kera, Investasi Pemerintah dan Investasi Swasta terhadap Sosial Welfare di Kabupaten Lamongan Tahun 2005-2007. *Skripsi*. Universitas Jember, Jember.
- Fattah, Abdul dan Asriyanti Ilyas. 2016. Siklus Hidup Ulat Grayak (*Spodoptera litura*, F) dan Tingkat Serangan pada Beberapa Varietas Unggul Kedelai di Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*, Banjarbaru.
- Finn, L. 2013. *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775). [serial online]. <http://lepidoptera.butterflyhouse.com.au/amph/litura.html>. [16 Januari 2016].
- Gaugler, R. 2001. *Entomopathogenic Nematology*. CAB International Publ. New York.
- Gauler, R. 2006. *Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae & Heterorhabditidae)*. (on-line). <http://www.nysaes.edu/ent/biocontrol/pathogens/nematodes.html>. di tanggal 20 Maret 2007.
- Haryani. 2014. Kepadatan Populasi Nematoda Entomopatogen pada berbagai Media Pakan Buatan. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Heri dan Indrayani, IGAA. 2012. Viabilitas Dan Efektivitas Formula Nematoda *Steinernema* sp. Terhadap Hama Penggerek Buah Kapas *Helicoverpa armigera* HUBNER. *Jurnal Littri*, 18 No(4) : 151-155.
- Hipti, Mohamad. Widajati, Wiludjeng. Wiyatiningsih, Sri. dan Ramadhani Mahendra Kusuma. 2021. Patogenesitas Nematoda Entomopatogen (NEP) Hasil Perbanyakan Secara In Vitro Menggunakan Media Kuning Telur Terhadap Ulat Sawi *Plutella xylostella*. *Sains dan Teknologi Pertanian Modern*. NST Proceedings. pages 55-62. doi: 10.11594/ nstp.2021.1509.
- I. G. A. A. Indrayani and S. dan Chaerani. 2018. Patogenisitas Nematoda Entomopatogen Terhadap Hama Uret Tebu *Lepidiotia stigma* (Coleoptera : Scarabaeidae). *Bul. Plasma Nutfah*. 24 (2) : 83–88.
- Imanadi, L. 2012. *Kajian Pengendalian Hama Dengan Nematoda Entomopatogen Steinernema spp. dan Heterorhabditis spp.* Balai Besar Karantina Pertanian Surabaya: Surabaya.
- Indiati, Sri Wahyuni dan Sagitarius Bambang Ermawan. 2015. Pengelolaan Tanaman dan Tumbuhan Inang untuk Pengendalian Thrips pada Tanaman Kacang Hijau. *BULETIN PALAWIJA*. 29 : 36.

- Indobiogen. 2007. *Nematoda Entomopatogen Serangga Biopestisida Unggulan*. (online). <http://www.indobiogen.or.id/produk.php>. diakses tanggal 14 Maret 2007.
- Indriyanti, Dyah Rini. Awalliyah, Nurul Fitria. dan Priyantini Widiyaningrum. 2014. Perbanyak Nematoda Entomopatogen (NEP) pada berbagai Media Buatan. *Jurnal Sain dan Teknologi*. 12 (2): 112.
- Jabbour, R., M. E. Barbercheck. 2008. Soil and habitat complexity effects on movement of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* in maize. *Biological Control*. 47 (2) : 235-243.
- Kaya, H.K. dan Gaugler, R.. 1993. *Enthomopathogenic nematodes in Biological control*. CRC Press. Boca Rabon Florida.
- Kementrian pertanian. 2015. Pengenalan dan Pengendalian Ulat Daun Tembakau.
- Khamid, Miftakhul B.R. dan Siti Latifatus Siriyah. 2018. Efektivitas Bakteri Entomopatogen Dari Tanah Sawah Asal Kecamatan Cilebar Kabupaten Karawang Terhadap Intensitas Serangan, Mortalitas Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura*) Pada Hasil Tanaman Kubis Bunga (*Brassica oleraceae* L.). *Jurnal Agrotek Indonesia*. 3 (1): 66-69.
- Koppenhofer AM & Fuzy EM. 2003. Ecological characterization of *Steinernema scarabaei*, a scarab-adapted entomopathogenic nematode from New Jersey. *J. Invertebr Patho*. 183: 139-148.
- Kumar, Sarlesh. 2007. Armyworm (*Spodoptera litura*). [serial online]. <http://www.ediblearoids.org/portals/0/taropest/lucidkey/taropest/media/Html/Arthropods/Slitura/Slitura6.htm>. [28 Januari 2016].
- Makkiah. Salakki, Christina L. dan Berty Assa. 2020. Efektivitas Ekstrak Serai wangi (*Cymbopogon nardus* L.) sebagai Larvasida Nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Bios Logos*. 10 (1) : 4.
- Manan, Abdul dan Agus Suyanto. 2009. Kemempnan Isolat Lokal Nematoda Entomopatogen *Steinernema carpocapsae* Poinar Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) Pada Tanaman Kubis. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*. 9 (1) : 35-42.
- Marwoto dan Suharsono. 2008. Strategi dan Komponen Teknologi Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura Fabricius*) pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Litbang Penelitian*. 27(4) : 131-136.
- Maulana, Agna Wahyu. Rochdiani, Dini. dan Sudrajat. 2020. Analisi Agro Industri Tahu. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROINFO GALUH*. 7 (1) : 237 – 243.
- Maulida, Hawwa' Cahya. Rokhim, Saiku. dan Erna Zahro'in. 2021. Patogenitas Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* spp. Terhadap Larva *Spodoptera*

- litura*. *Jurnal AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*. 6 (2) : 96-101.
- Melia, Nina Nur. 2013. *Kajian Geografis Mengenai Usaha Tani Padi Di Kabupaten Lamongan*. Universitas Negeri Surabaya.
- M. Lortkipanidze, K. Hwseyanov, M. Kokhia, O. Gorgadze, and M. Kuchava. 2019. *Effect of Temperature on the Virulence of Entomopathogenic Nematodes*. *Adv. Ecol. Environ. Res.*, pp. 32–38.
- Murniyanto, Eko. 2007. Pengaruh Bahan Organik Terhadap Kadar Air Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung di Lahan Kering. *Buana Sains*. 7 (1) : 51-60.
- M. Zart et al., 2021. Performance of Entomopathogenic Nematodes On The Mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) And The Compatibility Of Control Agents With Nematodes. *J. Nematol.* 53, pp. 1–10, 2021, doi: 10.21307/JOFNEM-2021-020.
- Noch, I.R., A. Rahayu, A. Wahyu, dan O. Mochida. 1983. *Bionomi Ulat Grayak Spodoptera litura Fabricius (Lepidoptera: noctuidae) Sebagai Salah Satu Hama Kacang-kacangan*. Kongres Entomologi II. Jakarta, 24-26 Januari 1983. 12 hlm.
- Nugrohorini. 2007. Uji Toksisitas Nematoda *Steinernema* Sp. (Isolat Tulungagung) pada Hama Tanaman Sawi (*Brassica Juncea*) Di Laboratorium. *J. Pertanian Mapeta*. 10 (1) : 1-6.
- Nugrohorini. 2010. Eksplorasi nematoda entomopatogen pada beberapa wilayah di Jawa Timur. *Jurnal Pertanian Maperta*. XII (2): 72-144.
- Nugrohorini. 2012. *Monograf Nematoda Parasit Tanaman*. UPN press, Surabaya.
- Nurhajjah. 2018. Preferensi dan Biologi *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) pada Kacangan, Tanaman Kelapa Sawit Media Tanah Gambut dan Mineral di Laboratorium. *Tesis*. Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara.
- Ou, W. W, Liang. Y, Jiang. Q, Li. D, Wen. 2005. Vertical Distribution of Soil Nematodes Under Different Land Use Type in Aquic Brown Soil. *Pedobiologia*. 9: 207-205.
- Pawana, G., Amzei, A. dan Djunaedy, A. 2017. Studi Distribusi Aktif dan Penularan Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* spp. Isolat Lokal di Bawah Tanah. *AGROVIGOR*. 10 (2) : 157-165.
- Poinar GO. 1990. *Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae*. CRC Press. Boca Raton.
- Poinar GO & Grewal PS. 2012. History of Entomopathogenic Nematology. *Journal of Nematology*. 44 (2): 153–161.

- Prabowo H. 2012. Pemanfaatan Nematoda Patogen *Steinernema* spp Isolat Malang dan Nusa Tenggara Barat dalam Pengendalian *Spodoptera litura* L. yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Bumi Lestari*. 12(2): 350-356.
- Qodiriyah. Sulistyanto, Didik . dan Purwatiningsih. 2015. Agens Pengendali Hayati Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. Sebagai Pengendali Hama Rayap Tanah *Coptotermes* sp. DAN *Microtermes* sp. di Kabupaten Lumajang. *Jurnal ILMU DASAR*. 16 (1) : 43-48.
- Rahim A. 2010. Pengaruh Jumlah Ulat *Tenebrio molitor* sebagai Media Perbanyakan Terhadap Kerapatan Infektif Juvenil (IJ) Agens Hayati Nematoda Entomopatogen. *Media Sains*. 2 (1).
- Razak, TA, T Santhakumar, K Mageswari, and S Santhi. 2014. Studies on efficacy of certain neem products against *Spodoptera litura* (Fab.). *J Biopest*. 7 :160-163.
- Ricci, M.L. Glazwer. J.F. Campbell and R. Gaugler. 1996. Comparison of Biassays to Measure Virulence of Different Entomopathogenic Nematodes. *Biocontrol Sci. and Technol*. 6:235-245.
- Safitri, Merina. Ratnasari, Evie. dan Reni Ambarwati. 2013. Efektivitas *Steinernema* sp. dalam Pengendalian Hama Serangga Tanah pada Berbagai Tekstur Tanah. *LenteraBio*. 2 (1) :25–31.
- Salis, Rohmatus. 2018. Interpretasi Masyarakat Atas Pembangunan Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT) (Studi Pada Petani dan Nelayan Di Dusun Ngesong Desa SedayulawasKecamatan Brondong Kabupaten Lamongan). *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Saputra, bhy Gartio. Salbiah, Desita. dan Agus Sutikno. 2017. Isolasi dan Odentifikasi Morfologis Nematoda Entomopatogen dari Lahan Pertanian Semusim Kebun Percobaan Fakultas Pertanian dengan menggunakan Umpan Larva *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera : Tenebrionidae). *JOM Faperta*. 4 (1) : 5.
- Sasmi. 2016. kepadatan populasi *Spodoptera litura* Fabr. Pada tanaman cabai merah (*Capsicum annum*). *Skripsi*, padang.
- Simarmata, Tualar. Setiawati, Mieke Rochimi. Dan Diyan Herdiyantoro. 2019. *Evaluasi Cepat Kesehatan Tanah Lahan Kering Di Lapangan*. Unpad press, Jatinangor.
- Singkoh Marina Flora Oktavine dan Deidy Y Katili. 2019. Bahaya Pestisida Sintetik (Sosialisasi dan Pelatihan bagi Wanita Kaum Ibu Desa Koka Kecamatan Tombulu Kabupaten Minahasa). *Jurnal Perempuan dan Anak Indonesia*. 1 (1) : 6.
- Sucipto. 2009. Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* Isolat Lokal Madura sebagai Pengendali Hayati Hama Penting Tanaman Hortikultura yang Ramah pada Lingkungan. *AGROVIGOR*. 2 (1) : 48-49.

- Sunarto, Toto dan Aep Wawan Irwan. 2019. The Effectiveness of Entomopathogenic Nematode *Steinernema* spp. on Mortality of *Lepidiotia stigma* F. (Coleoptera: Scarabaeidae). *Jurnal Cropsaver*. 2(2): 77 - 81.
- Susanti, Dwi. 2016. Keefektifan Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. dan Cendawan *Metharizium anisopliae* pada Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* L. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Suyadi. Rosfiansyah. Nurdiana, J.. Suryadi. Sopialena. dan S. Waluyo. 2017. Studi Genera Nematoda Entomopatogen Pada Lahan Lebak Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) Di Kecamatan Muara Wis Kabupaten Kutai Kertanegara. *Konferensi Antara bangsa Islam Borneo Ke-10*. Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Suyadi. Suryadi, A. Rosfuansyah. Sopialena. Sopian. 2017. *The soil properties effect on the existence of entomopathogenic nematodes in the palm oil rizosphere with sediment in kutai kartanegara*. Laporan penelitian hibah kemenristek dikti.
- Suyanto, A. dan A. Munadjat. 2004. Kemempanan nematoda entomopatogenik *Steinernema carpocapsae* Poinar (Nematoda : Steinernematidae) terhadap hama ular grayak *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera : Noctuidae) pada tanaman kubis. *Agrin* 8(2):84-90.
- Syahroni, M. Novel Ghufro dan Nanang Tri Haryadi. 2019. Uji Efektivitas Konsentrasi *Spodoptera litura* – *Nuclear Polyhedrosis Virus* (SlNPV) JTM 97C Formulasi Bubuk Terhadap Larva *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) Pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Pengendalian Hayati*. 2 (2): 46-52.
- Tanada, Y. and H. K. Kaya. 1993. *Insect pathology*. Gulf professional publishing. Academic press. New York.
- Tarigan, Rustel. Tarigan, Mena Uli. dan Syahrial Oemry. 2012. Uji Efektifitas Larutan Kulit Jeruk Manis dan Larutan Daun Nimba untuk mengendalikan *Spodoptera Litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) pada Tanaman Sawi di Lapangan. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 1 (1) : 173-174.
- Tengkano, W., Matadjib, D. Kilin, dan M. Iman. 1997. Identifikasi jenis tanaman yang paling menarik bagi imago *Ophiomyia phaseoli* dan *Spodoptera litura* F. p 387–402. *Prosiding Seminar Nasional Tantangan Entomologi pada Abad XXI*, Bogor.
- Tengkano, Wedanimbi dan Suharsono. 2005. Ulat Grayak *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) pada Tanaman Kedelai dan Pengendaliannya. *Buletin Palawija*. No. 10: 43–52.
- Trizelia. Nurbailis. Yanti, Yulmira. Winarto. Rahma, Haliatur. Martinius. Liswarni, Yenny. Rusli, Rusdi. Yunisman. Darnetty. dan Eri Sulyanti. 2019. Pemanfaatan Agen Hayati untuk Pengelolaan OPT Cabai pada Kelompok

- Tani Simabur Sukses Makmur di Kecamatan Pariangan Kabupaten Tanah Datar. *Jurnal Hilirisasi IPTEKS*. 2 (3b) : 283.
- Tukimin. Karmawati, E. dan Heri Prabowo1. 2014. “Sinergisme Antara Nematoda Patogen Serangga *Steinernema* Sp . Terhadap Mortalitas Dan Efek Lanjutan Larva *Spodoptera litura* F . *Jurnal Littri* 20(2): 93–99.
- Ummah, Rohmatul. 2014. Patogenisitas Isolat Lokal Nematoda Entomopatogen terhadap Larva *Spodoptera litura*. *Skripsi*. Universitas Islman Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Malang.
- Utami, N., Anugrawati H.N, Busyairi, Noviana R., Pikindu Z. 2010. *Laporan Praktikum Pemeliharaan Serangga*. Departemen Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Wardiana, Edi. 2018. *Perlakuan Kontrol: Penggunaan dan Penyalahgunaannya*. Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute.
- Wiratno dan Rohimatun. 2012. Patogenisitas Nematoda *Heterorhabditis* sp. terhadap Kumbang Daun Kelapa *Brontispa longissima* Gestro. *Jurnal Littri*. 18(4) : 137 – 142.
- Wouts, W.M. 1980. Biology, life cycle and redescription of *Neoplectana bibionis* redescription of *Neoplectana bibionis* Bovien, 1937 (Nematoda: Steinernematidae). *Journal of Nematology* 12:62-72.
- Yulianti, Titiek. 2013. Pemanfaatan Endofit Sebagai Agensi Pengendali Hayati Hama dan Penyakit Tanaman. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. 5 (1) : 40–49.
- Zahro'in, Erna. 2012. *Nematoda Entomopatogen APH Mematikan tapi Ramah Lingkungan*. Surabaya : BBP2TP.
- Zai. 2017. Uji Efektifitas Cendawan *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura*) pada Tanaman Sawi di Laboratorium. *Skripsi*. Universitas Medan Area, Medan.