

## EKSPLORASI NEMATODA ENTOMOPATOGEN PADA LAHAN TANAMAN JAGUNG, KEDELAI DAN KUBIS DI MALANG SERTA VIRULENSINYA TERHADAP *Spodoptera litura* Fabricius

Liza Afifah, Bambang Tri Rahardjo, Hagus Tarno

Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Universitas Brawijaya  
Jln. Veteran, Malang 65145, Indonesia

### ABSTRACT

Entomopathogenic nematodes (EPNs) as biological agents, is consisted *Steinernema* and *Heterorhabditis* genus. *Steinernema* and *Heterorhabditis* which belonged to Steinernematidae and Heterorhabditidae families had closed relationship to *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* as bacterial symbionts respectively (Smart, 1995). Types of soil moisture, temperature, and a host affect the distribution, survivability, host finding and reproduction of EPNs. To get the EPNs local isolates, exploration of isolates from local areas was needed. This research was aimed to identify genus and density of EPNs on the fields of corn, soybean and cabbage in Malang Areas and their virulence to the larvae of *Spodoptera litura*. Research was conducted at laboratory of pest and disease (Nematological Unit), Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya, from April to September 2012. EPNs were obtained from corn field in Ngijo village, soybean field in Kendalpayak village, and cabbage field in Bumiaji village. EPNs were isolated from soil samples by using *Tenebrio molitor* larva. White trap method was used to attract EPNs from The dead larva of *T. molitor* and the population of EPNs was counted. EPNs were identified based on the symptoms of color changes on the cuticle and morphological characters. In addition, virulence of EPNs was also tested on the *S. litura* larva. The result showed that density of EPNs was highest on cabbage field (23.264 EPNs/0.25 ml). Density of EPNs on corn field was 16.976 EPNs/0.25 ml and the lowest density was on soybean field (15.664 EPNs/0.25 ml). Based on the color changes and morphological characters of EPN, on the cabbage field, EPNs were identified as *Steinernema* and *Heterorhabditis* and the others, EPNs were identified as *Steinernema*. Based on the virulence test of EPNs on *S. litura* larva, there was significant difference between EPNs isolate of corn and others especially for 24 hours after application.

**Keywords:** identification, virulence, entomopathogenic nematodes (EPNs), *Spodoptera litura*

### ABSTRAK

Nematoda entomopatogen (NEP) sebagai agens hayati, terdiri atas dua genus yaitu *Steinernema* dan *Heterorhabditis*. Nematoda famili Steinernematidae dan Heterorhabditidae bersimbiosis dengan bakteri genus *Xenorhabdus* dan *Photorhabdus* (Smart, 1995). Kemampuan NEP untuk menyebarkan, mempertahankan diri, menemukan inang dan reproduksi di dalam tanah dipengaruhi oleh tipe tanah,

kelembaban, suhu dan inang. Untuk mendapatkan NEP isolat lokal diperlukan kegiatan eksplorasi pada lahan setempat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi genus NEP dan kepadatan populasi dari lahan jagung, kedelai dan kubis di Malang serta virulensinya terhadap larva *Spodoptera litura*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan (unit nematologi), Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang, mulai April sampai September 2012. Isolat NEP didapatkan dari Desa Ngijo pada tanaman jagung, Desa Kendalpayak pada tanaman kedelai dan Desa Bumiaji pada tanaman kubis. NEP diperoleh dengan cara mengisolasi dari tanah menggunakan larva *Tenebrio molitor*, larva *T. molitor* yang mati diekstraksi menggunakan metode white trap dan selanjutnya NEP yang diperoleh dihitung populasinya. NEP yang diperoleh diidentifikasi berdasarkan perubahan warna pada kutikula dan bentuk morfologinya. Selanjutnya, NEP diuji tingkat virulensinya pada larva *S. litura*. Hasil isolasi NEP didapatkan kepadatan populasi NEP tertinggi pada lahan kubis sebesar 23.264 NEP/0,25 ml, selanjutnya lahan jagung sebesar 16.976 NEP/0,25 ml dan kepadatan populasi terendah pada lahan kedelai sebesar 15.664 NEP/0,25 ml. Hasil identifikasi NEP dari lahan kubis didapatkan NEP genus Steinernema dan Heterorhabditis. Di Lahan jagung dan kedelai didapatkan NEP genus Steinernema. Hasil uji virulensi NEP pada larva *S. litura* menunjukkan ada perbedaan antara isolate jagung dan yang lain khususnya untuk 24 jam setelah aplikasi (jsa).

**Kata kunci :** identifikasi, virulensi, nematoda entomopatogen, *Spodoptera litura*

## PENDAHULUAN

Masalah hama masih menjadi kendala utama dalam peningkatan produksi tanaman. Salah satu cara pengendalian yang dapat memberikan jaminan terhadap keamanan lingkungan dan cukup efektif ialah pengendalian hayati. Dalam pengendalian hayati, patogen serangga merupakan agens hayati yang cukup potensial (DeBach, 1964).

Nematoda entomopatogen (NEP) adalah salah satu agens hayati untuk mengendalikan hama tanaman. Terdapat dua genus NEP yang berperan sebagai agens pengendali hayati yaitu genus Steinernema dan Heterorhabditis. NEP menginfeksi inangnya dengan bersimbiosis dengan bakteri yang ada pada saluran pencernaannya. Nematoda famili Steinernematidae bersimbiosis dengan bakteri genus Xenorhabdus dan nematoda famili Heterorhabditidae

bersimbiosis dengan bakteri genus Photorhabdus (Smart, 1995).

NEP dapat diisolasi dari berbagai tempat di seluruh belahan dunia, khususnya dari famili Steinernematidae dan Heterorhabditidae (Smart, 1995). Anggota kedua famili ini digunakan untuk mengendalikan hama-hama dari ordo Lepidoptera, yaitu: pyralid *Galleria mellonella* Linnaeus, noctuid *Spodoptera exigua* Hubner dan *Agrotis ipsilon* Hufn yang virulensinya mencapai 100% (Nugrohorini, 2010). Beberapa spesies NEP mempunyai penyebaran yang luas. *Steinernema carpocapsae* dan *S. feltiae* Filipjev tersebar di daerah beriklim sedang, *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar di daerah dengan iklim kontinental dan mediteran, dan *H. indica* Poinar ditemukan di wilayah tropis dan subtropis. Spesies yang lain seperti *S. rarum* Doucet, *S. kushidai* Mamiya, *S. ritteri* Doucet, dan *H. argentinensis*

Stock, daerah sebarannya terbatas (Hazir, Kaya, Stock dan Keskin, 2003). Untuk mendapatkan NEP isolat lokal diperlukan kegiatan eksplorasi yang dilanjutkan dengan isolasi dan identifikasi. Untuk mengetahui tingkat virulensi NEP yang didapatkan dari hasil eksplorasi maka diperlukan kegiatan uji virulensi. Serangga yang digunakan sebagai serangga uji yaitu larva *S. litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae).

Mengingat NEP cukup potensial sebagai agens pengendali hayati hama dari ordo Lepidoptera, maka perlu dilakukan kegiatan eksplorasi untuk mengetahui keragaman NEP dan virulensinya dari lahan tanaman jagung, kedelai dan kubis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui genus NEP dan kepadatan populasinya dari lahan jagung, kedelai dan kubis di daerah Malang serta virulensinya terhadap larva *S. litura*.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hama, Sub. Laboratorium Nematologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, mulai April 2012 sampai September 2012. Larva *Tenebrio molitor* yang digunakan sebagai umpan untuk mendapatkan NEP diperbanyak di Laboratorium Hama, Sub. Laboratorium Nematologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, dengan pakan polar dan umbi ubi kayu. Larva *S. litura* berfungsi sebagai serangga uji untuk pengujian virulensi NEP. Larva didapatkan dari perbanyakan yang dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balitas). Larva yang digunakan yaitu larva instar 3.

Larva diberi pakan daun jarak kepyar yang diperoleh dari pekarangan di Jalan Sukarno Hatta Malang.

### Pengambilan Contoh Tanah

Contoh tanah diambil di daerah Malang dari lahan jagung Desa Ngijo, lahan Kedelai di Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Desa Kendalpayak dan lahan kubis Desa Bumiaji.

Tanah diambil dari sekitar perakaran tanaman (rhizosfer). Setiap lahan ditetapkan 5 lokasi yang berukuran 2-4 m<sup>2</sup> yang ditetapkan secara diagonal. Setiap lokasi ditetapkan 3 tempat secara acak dengan luas permukaan 100 cm<sup>2</sup>. Pengambilan contoh tanah dilakukan sampai kedalaman 20 cm. Contoh tanah diambil menggunakan sekop. Sebelum digunakan sekop disterilkan dengan alkohol 70%. Kemudian contoh tanah dicampur dan disimpan dalam kantong plastik yang berlubang-lubang untuk ventilasi (Baliadi, 2011). Contoh tanah dianalisis jenis tanah, tekstur, kandungan bahan organik, kelembaban dan pHnya di Laboratorium Kimia dan Fisika Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.

### Teknik Isolasi Nematoda Entomopatogen.

NEP diisolasi menggunakan larva *T. molitor*. Contoh tanah lebih kurang 150 g dimasukkan ke dalam stoples kaca. Selanjutnya diinfestasikan 10 larva *T. molitor*. Setelah 7 hari, larva yang mati kemudian dikeluarkan dan dibilas dengan aquades. Pemerangkapan NEP kemudian dilanjutkan dengan menggunakan metode ekstraksi *White trap* yaitu dengan cara larva yang mati diletakkan di cawan petri kecil yang telah dilapisi kertas saring lembab. Kemudian cawan

petri kecil diletakkan ke dalam cawan petri besar. Kemudian dituangi aquades ke dalam cawan petri besar hingga setengah dari cawan petri kecil. Kemudian cawan petri besar ditutup dengan penutup cawan petri. Diharapkan setelah 1-2 minggu nematoda bermigrasi ke dalam aquades.

NEP yang didapat dari masing-masing komoditas dihitung kepadatannya menggunakan mikroskop binokuler, cawan hitung dan alat penghitung. Populasi NEP dihitung menggunakan rumus berikut (Anonymous, 1997).

$$P = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{n} \times X$$

$$X = \frac{\text{Volume suspensi (30 ml)}}{\text{Volume sub contoh (0,25 ml)}}$$

yang P adalah populasi NEP per 0,25 ml,  $P_1$ - $P_n$  adalah sub contoh pengambilan NEP dengan n ulangan dan n adalah banyaknya ulangan pengambilan sub contoh NEP.

### Pembuatan Preparat dan Identifikasi Nematoda Entomopatogen

Nematoda yang telah selesai dihitung kemudian diidentifikasi. Sebelum diidentifikasi dilakukan pembuatan preparat. Pembuatan preparat dilakukan dengan cara nematoda yang telah mati, diambil dengan cara dipancing menggunakan jarum pancing atau tusuk gigi yang telah diruncingkan ujungnya. Nematoda diatur letak posisinya di atas gelas objek yang telah ditetesi sedikit gliserol dan dicampur dengan *metilen blue* kemudian diaduk merata menggunakan kuas gambar atau alat pancing. Kemudian dengan cepat ditutup dengan gelas penutup dan di sekeliling ujungnya diolesi dengan cat kuku agar udara tidak dapat masuk, dengan demikian preparat nematoda

dapat bertahan dalam jangka waktu yang cukup lama (Nadiah, 2008).

Identifikasi nematoda dilakukan dengan mengamati gejala pada larva *T. molitor* yang terserang nematoda dan pengamatan morfologi nematoda. Pengamatan gejala pada larva yaitu dengan mengamati perubahan warna kutikula larva. Pengamatan morfologi nematoda dilakukan menggunakan mikroskop Olympus BX41 untuk diidentifikasi sampai tingkat genus.

### Uji Virulensi Nematoda Entomopatogen pada Larva *Spodoptera litura*.

Isolat nematoda dari lahan jagung, kedelai dan kubis diinokulasikan dengan metode kertas saring. Isolat nematoda dengan konsentrasi 200 JI/1,5 ml akuades diinokulasikan ke dalam cawan petri tertutup yang dilapisi dua lapis kertas saring (Wagiman, Triman dan Astuti, 2003). Sebanyak 20 ekor larva *S. litura* dimasukkan ke dalam cawan tersebut, diberi pakan daun jarak dan dipelihara selama 4 hari. Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap dengan tiga perlakuan yakni asal isolat dan menggunakan delapan ulangan, sehingga didapatkan satuan percobaan. Pada perlakuan kontrol, larva *S. litura* diaplikasi dengan air steril. Parameter yang diamati adalah jumlah *S. litura* yang mati, waktu dan perubahan tampilan pada *S. litura*. Pengamatan dilakukan setiap 24 jam selama 4 hari. Persentase mortalitas dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Isolasi Menggunakan Larva *Tenebrio molitor*.

Hasil isolasi NEP dengan menggunakan umpan larva *T. molitor* dari lahan yang di tanam kubis, jagung dan kedelai didapatkan NEP dengan ciri-ciri larva *T. molitor* yang terparasit NEP mengalami penurunan aktivitas pergerakan, cenderung diam pada akhirnya larva akan mati dengan kulit berwarna coklat kehitaman (Gambar 1). Gejala tersebut sesuai dengan hasil penelitian Nugrohorini (2007) bahwa larva *S. litura* yang terinfeksi NEP *Steinernema* sp. tubuhnya tidak bergerak dan kaku serta terjadi perubahan warna pada kutikula. Gejala lain yang bisa diamati ialah larva *T. molitor* yang semula berwarna coklat muda kemudian berubah menjadi coklat karamel, struktur jaringan tubuh larva yang terinfeksi menjadi lunak, meskipun bentuk tubuh larva tetap utuh dan tidak berbau busuk.

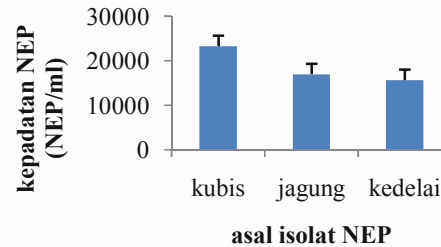


Gambar 1. Larva *Tenebrio molitor* yang terinfeksi nematoda entomopatogen.

### Kepadatan Populasi Nematoda Entomopatogen.

Dari hasil perhitungan didapatkan kepadatan populasi rata-rata NEP pada tiap lahan yaitu pada lahan kubis 23.264 NEP/0,25ml, pada lahan jagung 16.976 NEP/0,25ml dan pada lahan kedelai 15.664 NEP/0,25ml. Kepadatan populasi rata-rata tertinggi terdapat

pada lahan kubis dan kepadatan populasi terendah terdapat pada lahan kedelai (Gambar 2).



Gambar 2. Rata-rata kepadatan populasi nematoda entomopatogen setiap 0,25 ml.

Kepadatan rata-rata populasi NEP dipengaruhi oleh tekstur tanah, kelembaban tanah, bahan organik tanah dan kemasaman tanah (pH). Tanah pada tanaman kubis bertekstur lempung berdebu sehingga kondisi tanahnya remah. Tanah yang remah memudahkan NEP untuk bergerak di dalam tanah dan kandungan oksigen yang tinggi mendukung untuk pernapasan NEP. Kepadatan rata-rata populasi NEP terendah terdapat pada lahan tanaman kedelai. Tanah pada tanaman kedelai bertekstur liat sehingga kondisi tanahnya padat. Tanah yang bertekstur liat mempunyai pori-pori tanah yang berukuran kecil dan mempunyai kandungan oksigen yang rendah sehingga membatasi pergerakan, perkembangan dan reproduksi NEP di dalam tanah. Pengaruh tekstur tanah terhadap keberadaan NEP dilaporkan oleh Nugrohorini (2010) bahwa nematoda tidak dapat hidup pada jenis tanah lempung berliat, karena pada jenis tanah ini tidak terdapat rongga sehingga oksigen tidak dapat masuk ke dalam tanah secara maksimal. Hasil analisis bahan organik pada lahan jagung

adalah 1,11%, lahan kedelai 3,10% dan lahan kubis 6,10%. Bahan organik berperan sebagai sumber makanan dari nematoda di dalam tanah. Penelitian ekologi menunjukkan bahwa nematoda pemakan bakteri populasinya meningkat dengan kandungan bahan organik. Nematoda hidup dengan cara memanfaatkan bahan organik atau memakan serangga-serangga atau organisme lain di dalam tanah (Imanadi, 2012).

Selain itu faktor yang berpengaruh pada kepadatan populasi NEP adalah derajat keasaman (pH) tanah. Pada lahan kubis dan jagung pH tanah 6,3. Pada lahan kedelai pH tanah 6,6. Pada penelitian ini besarnya pH ketiga lahan tidak berbeda jauh. Kung, Gaugler dan Kaya (1990) menyatakan bahwa kelangsungan hidup dan patogenesis *steinernema* sedikit menurun ketika pH tanah diturunkan dari 8 menjadi 4, tetapi kelangsungan hidup dan patogenesis menurun drastis pada pH 10.

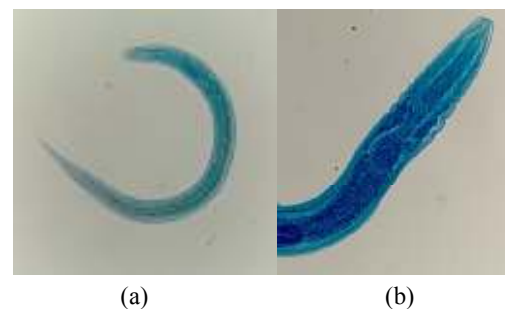
Hasil analisis laboratorium kelembaban tanah pada lahan kedelai 50%, lahan jagung 48% dan lahan kubis 51%. Kelembaban tanah adalah salah satu faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas NEP. NEP memerlukan kelembaban tanah yang cukup untuk kelangsungan hidup dan pergerakannya. Kelembaban merupakan faktor pembatas terhadap NEP heterorhabditis jadi semakin rendah tingkat kelembaban maka mortalitasnya semakin tinggi.

### Identifikasi Nematoda Entomopatogen

Dari hasil identifikasi NEP secara morfologi, menunjukkan tubuh nematoda berbentuk seperti cacing, transparan, tubuh diselubungi oleh kutikula, mempunyai ekor yang runcing

dan tidak memiliki stilet (Gambar 3). Nematoda mempunyai sistem syaraf, sistem pencernaan dan sistem reproduksi. Ciri-ciri tersebut sesuai dengan Tanada dan Kaya (1993) bahwa pada umumnya tubuh nematoda berbentuk seperti cacing, transparan, panjang dan agak silindris, dan diselubungi oleh kutikula.

Hasil identifikasi pada larva *T. molitor* menunjukkan terdapat variasi gejala pada kutikula larva yaitu warna coklat kehitaman dan warna merah. Pada tanaman kubis larva yang terinfeksi NEP berwarna coklat yang lama-kelamaan akan menjadi hitam dan berwarna merah. Pada tanaman jagung dan kedelai seluruh larva yang terinfeksi NEP berwarna coklat kehitaman. Adanya perbedaan warna pada kutikula larva menunjukkan bahwa larva terserang nematoda genus tertentu (Tabel 1).



Gambar 3. Nematoda entomopatogen (a: morfologi dan b: bagian anterior, perbesaran 400x)

Hasil pengamatan morfologi anterior NEP, didapatkan dua ciri-ciri yaitu kepala halus tidak bertanduk atau tidak berkait dan kepala memiliki kait. NEP yang memiliki kepala halus dan tidak berkait adalah nematoda genus *Steinernema*. Nematoda yang memiliki kait pada bagian anterior adalah nematoda genus *Heterorhabditis*.

### Uji Virulensi Nematoda Entomopatogen pada Larva *Spodoptera litura*.

Hasil uji virulensi NEP semua isolat dapat mematikan serangga uji, tetapi tingkat mortalitas antar isolat berbeda-beda. Larva *S. litura* instar 3 yang terinfeksi NEP mulai mati dalam waktu 24 jam setelah aplikasi (JSA). Kematian ini salah satunya didukung oleh pergerakan larva instar 3 yang aktif, sehingga memudahkan nematoda untuk menginfeksi. Seperti yang dikemukakan oleh Uhan (2008) bahwa pergerakan tubuh larva *S. litura* instar 3 yang lebih aktif membantu nematoda dalam menemukan inang. Selain itu

disebabkan *S. litura* tidak mampu mempertahankan diri dari serangan NEP. Mortalitas larva *S. litura* menunjukkan peningkatan pada 48 JSA, 72 JSA dan 96 JS (Tabel 2).

Larva *S. litura* yang terinfeksi NEP menunjukkan gejala perubahan pergerakan dan warna kutikula. Semula larva bergerak aktif namun lama-kelamaan gerakan larva menjadi lambat, warna kutikula larva yang semula berwarna hijau berubah menjadi coklat kehitaman dan tubuhnya menjadi lembek (Gambar 4). Apabila tubuh larva ditekan dengan tangan maka akan mudah hancur dan mengeluarkan cairan yang berbau busuk.

Tabel 1. Tampilan morfologi larva *Tenebrio molitor* yang terinfeksi nematoda entomopatogen berdasarkan warna pada tubuhnya

Komoditas	Genus	Warna kutikula larva <i>T. molitor</i>
Kubis	Steinernema	coklat kehitaman
	Heterorabditis	merah
Jagung	Steinernema	coklat kehitaman
Kedelai	Steinernema	coklat kehitaman

Tabel 2. Rata-rata persentase mortalitas kumulatif larva *Spodoptera litura*

Isolat	Mortalitas larva <i>S. litura</i> (%)			
	24 JSA	48 JSA	72 JSA	96 JSA
Kubis	1.25 ± 2.31 ab	9.38 ± 4.96 b	23.12 ± 9.61 b	43.75 ± 12.17 b
Jagung	6.88 ± 2.59 c	15.00 ± 4.63 b	27.50 ± 8.02 b	37.50 ± 18.13 b
Kedelai	3.75 ± 3.54 b	13.13 ± 9.23 b	21.25 ± 10.61b	33.75 ± 11.57 b
Kontrol	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	3.33 ± 2.89 a



Gambar 4. Larva *Spodoptera litura* yang terinfeksi nematoda entomopatogen.

Gejala perubahan pada larva *S. litura* yang terinfeksi NEP telah dilaporkan oleh Djamilah, Nadrawati dan Rosi (2010) bahwa *S. litura* yang terinfeksi steinernema menunjukkan beberapa gejala yaitu gerakan larva menjadi tidak aktif atau malas. Bila disentuh larva menunjukkan respon yang berbeda dengan larva yang sehat, larva menjadi lemas dan lama-kelamaan tubuh larva akan semakin lembek dan terjadi perubahan warna, semakin lama larva menghitam diseluruh tubuhnya. Bila ditekan tubuh larva akan mudah pecah dan mengeluarkan cairan putih kekuningan berbau busuk. Perubahan warna yang terjadi pada serangga diakibatkan karena adanya simbiosis mutualisme antara nematoda dengan bakteri yang menghasilkan eksotoksin (Arinana, 2002).

### KESIMPULAN

1. Hasil ekstraksi nematoda entomopatogen menggunakan larva *T. molitor* didapatkan nematoda entomopatogen genus Steinernema dan Heterorhabditis dari lahan kubis dan genus Steinernema dari lahan jagung dan kedelai.

2. Kepadatan populasi rata-rata nematoda entomopatogen pada lahan kubis, jagung dan kedelai dipengaruhi oleh tekstur tanah pada ketiga lahan. Kepadatan tertinggi terdapat pada lahan yang ditanami tanaman kubis dan kepadatan terendah terdapat pada lahan yang ditanami tanaman kedelai.
3. Hasil uji virulensi nematoda entomopatogen terhadap larva *S. litura* menunjukkan bahwa isolat dari lahan yang ditanami kubis, jagung dan isolat kedelai mempunyai tingkat virulensi yang sama.

### SARAN

Pada penelitian ini menggunakan umpan serangga untuk mendapatkan NEP dari dalam tanah. Hasil yang didapatkan selain NEP adalah adanya kontaminasi jamur patogen serangga dan belatung sehingga disarankan menggunakan umpan selain serangga untuk mendapatkan NEP di dalam tanah.

Selain itu, pada penelitian ini konsentrasi NEP yang digunakan untuk mengendalikan larva *S. litura* adalah 200 JI/1,5 ml. Hasil yang didapatkan setelah 96 jam setelah aplikasi mortalitas larva *S. litura* belum mencapai 50% sehingga disarankan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh berbagai tingkat konsentrasi NEP dalam mengendalikan larva *S. litura*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1997. Teknik Ekstraksi dan Penghitungan Populasi Nematoda Parasit Pada Contoh Tanah dan Akar. Balai Proteksi Tanaman Perkebunan Jawa Timur.



- Arinana. 2002. Keefektifan nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis indica* sebagai agen hayati pengendali rayap tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae). [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Baliadi, Y. 2011. Pathogenecity, development and reproduction of the entomopathogenic nematode *Steinernema* sp., in mealworm *Tenebrio molitor*. Jurnal Agrivita 33 (3): 240-251.
- DeBach, P. 1964. Biological control of insect pests and weeds. Chapman and hall, Ltd.
- Djamilah, Nadrawati dan Rosi, M. 2010. Isolasi *Steinernema* dari tanah pertanaman jagung di Bengkulu bagian selatan dan patogenesisnya terhadap *Spodoptera litura* F. Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia 12 (1): 34-39.
- Hazir, S., Kaya, H.K., Stock, S.P., Keskin, N. 2003. Entomopathogenic nematodes (*Steinernematidae* and *Heterorhabditidae*) for biological control of soil pests. Jurnal Biologi 27: 181-202.
- Imanadi, L. 2012. Kajian pengendalian hama dengan nematoda entomopatogen (*Steinernema* spp. dan *Heterorhabditis* spp.). Balai besar karantina pertanian Surabaya. Surabaya.
- Kung, S.P., Gaugler, R., and Kaya, H.K. 1990. Influence of soil pH and oxygen on persistence of *Steinernema* spp. Jurnal Nematology 22 (4): 440-445.
- Nadiah, A. 2008. Inventarisasi nematoda akar dan tanah pada pertanaman kopi PTPN XII di Kebun Bangelan, Kabupaten Malang. [Skripsi]. Malang: Universitas Brawijaya..
- Nugrohorini. 2007. Uji toksisitas nematoda *Steinernema* sp. (isolat Tulungagung) pada hama tanaman sawi (*Brassica juncea*) di laboratorium. Jurnal Pertanian Mapeta 10 (1): 1-6 .
- Nugrohorini. 2010. Eksplorasi nematoda entomopatogen pada beberapa wilayah di Jawa Timur. Jurnal Pertanian Mapeta XII (2): 72-144.
- Smart, G. C. 1995. Entomopathogenic nematodes for the biological control of insects. Journal of Nematology 27: 529-534.
- Tanada, Y., Kaya, H.K. 1993. Insect pathology. Gulf professional publishing. Academic press. New York.
- Uhan, T.S. 2008. Bioefikasi beberapa isolat nematoda entomopatogenik *Steinernema* spp. terhadap *Spodoptera litura* Fabricius pada tanaman cabai di rumah kaca. Jurnal Hortikultura 18 (2): 175-184.
- Wagiman, F.X., Triman, B. dan Astuti, R.S. 2003. Keefektifan *Steinernema* spp. Terhadap *Spodoptera exigua*. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia 9: 22-27.