

ABSTRAK TAHUN KE TIGA

PENPRINAS MP3EI 2011-2025



" PENGEMBANGAN WILAYAH SENTRA PRODUKSI
HORTIKULTURA ORGANIK DI DAERAH BROMO,
IJEN DAN BATU, JAWA TIMUR UNTUK MENOPANG
MASTERPLAN PANGAN ORGANIK NASIONAL "

TAHUN KE TIGA DARI RENCANA TIGA TAHUN

PENELITI:

Prof. Dr. sc. agr. Ir. DIDIK SULISTYANTO/ 0023036402

Prof. Dr. SUHARTO, MSc./ 0022016001

Ir. LILIK SUYATMI/ 196202111991032001

Ir. WAGIYANA, MP./ 0006086105

UNIVERSITAS JEMBER
DESEMBER 2015

ABSTRAK

PENGEMBANGAN WILAYAH SENTRA PRODUKSI HORTIKULTURA ORGANIK DI DAERAH BROMO, IJEN DAN BATU, JAWA TIMUR UNTUK MENOPANG MASTERPLAN PANGAN ORGANIK NASIONAL

Peneliti : Prof. Dr. sc. agr. Ir. Didik Sulistyanto ¹, Prof. Dr. Suharto, MS² , Ir. Lilik Suyatmi ³, Ir. Wagiyana, MP.⁴

Mahasiswa Sarjana dan Pasca Sarjana Terlibat:

Bagus, SP. ⁵, Shiela, SPd. ⁶, Dadang Cahyo Nugroho ⁷, Abdul Rahmad ⁸

Sumber Dana:

DP2M, Dikti Tahun Anggaran 2013 sesuai SPK antara Peneliti dengan Lemlit Unej, No. 1163/UN25.3.1/LT.6/2013.

Kontak email: didiksulistyanto@unej.ac.id, didik_nemadic@yahoo.com

Diseminasi : Ada

1. Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Unej.
2. Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Unej.
3. UPT Proteksi tanaan Pangan dan Hortikultura Surabaya, Jatim.
4. Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Unej.
5. Program Magister Biologi, Jurusan Biologi, MIPA, Unej
6. Program Magister Biologi, Jurusan Biologi, MIPA, Unej
7. Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Unej.
8. Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Unej.

ABSTRAK

Indonesia mengimpor hortikultura organik dari luar negeri, produktivitas, dan kualitas hortikultura Indonesia saat ini masih rendah. Hama yang sering di jumpai, *Plutela xylostella*, *Crocidolomia binotalis*, dan *S. litura* menyebabkan kerusakan 100% serta residu pestisida yang tinggi. Pemakaian insektisida biaya tinggi, tidak ramah lingkungan dan resistensi hama. Sehingga sampai sekarang hama sangat sulit dikendalikan dan resisten terhadap insektisida kimiawi dan hayati, sehingga sulit didapatkan hortikultura Organik. **Tahun Ketiga** Berdasarkan hasil penelitian MP3EI tahun ketiga telah terlaksana sampai pada tahap 100% dapat diuraikan beberapa kesimpulan yaitu: (1) Hasil pengembangan teknik produksi massal bioinsektisida berbahan aktif nematoda entomopatogen (NEP) *in vitro* dalam media padat (*solid culture*) dari ketiga media yang menghasilkan produksi IJ yang optimal yaitu M1T2K4, M2T1K5 dan M3T1K5, media yang menghasilkan biaya termurah dan memberikan hasil IJ yang besar adalah media menggunakan tepung kedelai sebagai bahan dasar, yaitu 118/10⁶ IJ. Besarnya biaya produksi dapat dikatakan tidak stabil, karena faktor pasar sangat menentukan fluktuasi harga yang juga mempengaruhi bahan baku bagi produksi massal *Steinernema sp.*, (2) Hasil pengembangan teknik formulasi dan penyimpanan bioinsektisida berbahan aktif nematoda entomopatogen (NEP) dalam media tepung, granuler, dan cair dengan hasil Formulasi dalam perbandingan bahan dasar zeolit 75% : Chitosan 25% menunjukkan komposisi perbandingan formulasi agen hayati yang paling baik di bandingkan dengan komposisi formulasi agen hayati dengan bahan dasar zeolit 50% : chitosan 50%, zeolit 50% : talk 50% dan zeolit 75% : talk 25%. **Hasil penelitian Tahun Ketiga** mendirikan pabrik biopestisida berbahan aktif Nematoda entomopatogen (NEP) dan memproduksi massal biopestisida bahan aktif Nematoda entomopatogen, *Steinernema sp.*, dan *Heterorhabditis sp.*, mendirikan sentra hortikultura organik, bisa mengatasi masalah hama secara hayati sehingga produktivitas dan kualitas hortikultura Organik yang bernilai tawar tinggi di pasaran Nasional dan Internasional dan siap menopang Masterplan Pangan Organik Nasional dan meningkatkan kesejahteraan, ekonomi petani dan perluasan penyerapan tenaga kerja bagi masyarakat.

Kata Kunci: *Nematoda entomopatogen, pengendalian hayati, organik, hortikultura, produksi massal.*

EXECUTIVE SUMMARY TAHUN KE TIGA

PENPRINAS MP3EI 2011-2025



**" PENGEMBANGAN WILAYAH SENTRA PRODUKSI
HORTIKULTURA ORGANIK DI DAERAH BROMO,
IJEN DAN BATU, JAWA TIMUR UNTUK MENOPANG
MASTERPLAN PANGAN ORGANIK NASIONAL "**

TAHUN KE TIGA DARI RENCANA TIGA TAHUN

PENELITI:

Prof. Dr. sc. agr. Ir. DIDIK SULISTYANTO/ 0023036402

Prof. Dr. SUHARTO, MSc./ 0022016001

Ir. LILIK SUYATMI/ 196202111991032001

Ir. WAGIYANA, MP./ 0006086105

**UNIVERSITAS JEMBER
DESEMBER 2015**

EXECUTIVE SUMMARY

**PENGEMBANGAN WILAYAH SENTRA PRODUKSI HORTIKULTURA
ORGANIK DI DAERAH BROMO, IJEN DAN BATU, JAWA TIMUR
UNTUK MENOPANG MASTERPLAN PANGAN ORGANIK NASIONAL**

Peneliti : Prof. Dr. sc. agr. Ir. Didik Sulistyanto ¹, Prof. Dr. Suharto, MS² ,
Ir. Lilik Suyatmi ³, Ir. Wagiyana, MP.⁴

Mahasiswa Sarjana dan Pasca Sarjana Terlibat:

Bagus, SP. ⁵, Shiela, SPd. ⁶, Dadang Cahyo Nugroho ⁷, Abdul Rahmad ⁸

Sumber Dana:

DP2M, Dikti Tahun Anggaran 2013 sesuai SPK antara Peneliti dengan
Lemlit Unej, No. 1163/UN25.3.1/LT.6/2013.

Kontak email: didiksulistyanto@unej.ac.id, didik_nemadic@yahoo.com

Diseminasi : Ada

1. Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Unej.
2. Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Unej.
3. UPT Proteksi tanaan Pangan dan Hortikultura Surabaya, Jatim.
4. Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Unej.
5. Program Magister Biologi, Jurusan Biologi, MIPA, Unej
6. Program Magister Biologi, Jurusan Biologi, MIPA, Unej
7. Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Unej.
8. Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, Unej.

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hama hortikultura, *Plutella xylostela*, *Crociodolomia binotalis*, dan *S. litura* merupakan masalah serius yang menurunkan produksi 80 - 100% serta sangat sulit dikendalikan dengan insektisida dan telah resisten. Kerusakan yang ditimbulkan dapat mencapai 100%, apabila tidak dilakukan pengendalian terutama di musim penghujan dan kemarau. Pengendalian kimiawi lebih sering dilakukan oleh petani hortikultura dibanding pengendalian hayati, karena insektisida kimia mempunyai daya bunuh cepat, berspektrum luas sehingga segera dapat dilihat hasilnya. Pengendalian kimiawi dengan insektisida konsentrasi 0,5 - 0,1 % dengan frekuensi tinggi bahkan dilakukan sampai menjelang panen menyebabkan residu yang tinggi pada sayuran dan resistensi hama (Sulistyanto D., 2003, 2010, 2011). Menurut Untung (1993), pengendalian hama hortikultura dengan insektisida disamping memberikan dampak positif juga menimbulkan dampak negatif seperti resistensi, resurgensi, dan letusan hama hortikultura kedua. Disamping itu juga merusak kesehatan manusia dan lingkungan, yang disebabkan oleh residu yang tinggi. Kasus resistensi yang serupa juga terjadi terhadap heksaklorosiklobenzen, toksafen, aldrin, dieldrin dan endrin. Hasil penelitian Soekarno dkk., (1982) menunjukkan bahwa *S. litura*, *Plutella xylostella* dan *Crociodolomia* sp. telah resisten terhadap fenvalerat, permetrin dan sipermetrin (golongan piretroid sintetis) dengan tingkat resistensi yang berbeda-beda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Plutella xylostela*, *Crociodolomia binotalis*, dan *S. litura* hama utama hortikultura telah resisten terhadap beberapa jenis bioinsektisida berbahan aktif *Bacillus thuringiensis* (BT), dan insektisida dari golongan fosfor organik dan piretroid sintetis (Sastrosiswojo dan Setiawati, 1992; Sulistyanto D., 2003, 2010, 2011). Pemanfaatan nematoda dan jamur entomopatogen merupakan salah satu alternatif pemecahannya. Nematoda entomopatogen dapat digunakan sebagai agensia hayati yang efektif untuk mengendalikan serangga hama. Beberapa keandalan nematoda entomopatogen adalah mempunyai kisaran inang yang luas, kemampuan untuk aktif mencari inang, tidak berbahaya bagi mamalia dan manusia. (Ehlers *et al*, 1993). Nematoda entomopatogen (NEP), *Steinernema* spp. dan *Heterorhabditis* spp. berasosiasi dengan bakteri simbiose *Xenorhabdus* spp. dan *Photorhabdus* spp., famili Enterobacteriaceae (Boemare *et al.*, 1996, Sulistyanto D., 2010, 2011). Penelitian bio-

produksi dan bio-proses untuk meningkatkan patogenisitas dan virulensi, produksi massal dan formulasi nematoda entomopatogen, *Steinernema* spp. dan *Heterorhabditis* spp. isolat lokal sebagai pengendali hayati hama hortikultura merupakan hal **baru dilakukan di Indonesia**. Penelitian nematoda entomopatogen telah banyak dilaporkan, seperti efektif mengendalikan hama akar tanaman jeruk (Curculionidae) mencapai 50-60% (Downing *et al.*, 1991), hama jamur mushroom (Sciaridae) dengan *S. feltiae* berhasil mengendalikan 51-94% (Grewal and Richardson, 1993). Hama utama tanaman hortikultura, *Plutella xylostella*, *Crocidolomia binotalis*, dan *S. litura*. dapat dikendalikan 80% dan 90% dengan *S. carpocapsae*, dan *H. indicus* (Sulistyanto *et al.*, 1999, Sulistyanto D., 2010, 2011), larva penggerek buah apel, *Holocercus insularis* dan *Carposia nipponensis* (Bedding, 1990), dan hasil pembiakan massal (bioreaktor) *H. bacteriophora* berhasil mengendalikan serangga hama *Phyllopertha horticola* dan *Aphodius contaminatus* (Coleoptera, Scarabaeidae) sebesar 65%, 83% dan *H. megidis* berhasil mencapai 52 dan 70%. (Sulistyanto and Ehlers, 1996, Sulistyanto, 2010, 2011). Nematoda entomopatogen isolat lokal dari jenis *Steinernema* spp. dapat mengendalikan hama Kentang, *Plutella xylostella* dan *Crocidolomia* sp. sebesar 80-90% setelah 48 jam aplikasi dengan 100 infektive juvenile/hama di laboratorium (Sulistyanto *et al.*, 1999, Sulistyanto D., 2010, 2011). Hasil pembiakan massal nematoda entomopatogen dalam bioreaktor seperti *S. feltiae*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. megidis* berhasil untuk mengendalikan hama tanaman strawberry, *Otiorhynchus sulcatus* dan hama jamur campignon (Ehlers, 1996). Perkembangan produksi massal di masa depan akan dititik beratkan pada teknologi bio-produksi dan bio-proses dalam media cair, yang diharapkan murah, ekonomis, dan efektif dipergunakan oleh petani hortikultura (Ehlers, 1996; Sulistyanto D., 1997, 2010, 2011).

1.2 Tujuan Khusus Tahun Ketiga

Penelitian MP3EI pada tahun ketiga bertujuan khusus: (1) Mendirikan Sentra Produksi Hortikultura Organik di Bromo, Ijen dan Banyuwangi, Jawa Timur untuk Menopang Masterplan Pangan Organik Nasional, (2) Mendirikan pabrik biopestisida baru berbahan aktif nematoda entomopatogen (NEP), (3) Menghasilkan pengembangan teknologi produksi massal dan formulasi nematoda entomopatogen yang handal, (4) Mengembangkan teknik formulasi media tepung, cair dan granuler dan teknik media

penyimpanan, (5) Meningkatkan kesejahteraan dan ekonomi petani dengan melatih petani hortikultura di Bromo, Ijen dan Banyuwangi untuk bisa memproduksi massal Nematoda entomopatogen, (6) Menghasilkan Teknologi Tepat Guna (TTG) dalam Pengelolaan Tanaman Hortikultura Terpadu yang ramah lingkungan, (7) Menghasilkan Paten, HaKI, serta (8) Publikasi Ilmiah pada Journal Nasional dan Internasional yang terakreditasi.

1.3 Urgensi (Keutamaan) Kegiatan Tahun Ketiga

Pengendalian hama hortikultura yang sering dilakukan dengan cara kimiawi menggunakan insektisida konsentrasi 0,5 - 0,1 % dengan frekuensi tinggi bahkan dilakukan sampai menjelang panen yang menyebabkan residu tinggi pada sayuran (Sulistyanto D., 2003, 2010). Di Indonesia pada tahun 2003 dilaporkan telah terjadi resistensi hama *Plutella xylostela*, *Crociodolomia binotalis*, dan *S. litura* terhadap insektisida dan bioinsektisida *Bacillus thuringiensis* (BT). (Sulistyanto dkk., 2003; Sulistyanto, D. 2010). Untuk itu sangat penting pengendalian hama hortikultura yang ramah lingkungan dengan agens hayati Nematoda dan Jamur entomopatogen isolat lokal dari Bromo, Ijen dan Banyuwangi, Jawa Timur. Produk hortikultura di Indonesia masih banyak tercemar insektisida kimiawi yang membahayakan kesehatan konsumen dan masyarakat. Produk hortikultura Organik masih sangat jarang dan mahal di pasar hortikultura Indonesia, untuk menopang Masterplan Pangan Organik Nasional sangat perlu dilakukan penelitian dan *Action Research* di Bromo, Ijen, dan Banyuwangi untuk **mendirikan Pabrik Biopestisida NEP dan Sentra Produksi Hortikultura Organik Jawa Timur** yang bisa menyediakan bahan hortikultura Organik dan produksi agens hayati dan pupuk organik untuk kebutuhan Pangan Organik Nasional.

Hasil yang dicapai dari keutamaan tahun ketiga meliputi: (1) Mendirikan Sentra Produksi Hortikultura Organik di Bromo, Ijen dan Banyuwangi, Jatim untuk menopang Masterplan Pangan Organik Nasional, (2) Mendirikan Pabrik Biopestisida berbahan aktif Nematoda entomopatogen, (3) Diproduksi secara massal agens hayati Nematoda entomopatogen isolat lokal yang andal dan efektif di lapang, (4) Paket Teknologi Tepat Guna (TTG) produksi massal agens hayati nematoda entomopatogen yang efektif, murah dan efisien baik dari media cair dan padat, formulasi dan media penyimpanannya, (5) Diperoleh kualitas dan produktivitas tanaman hortikultura

Organik yang tinggi dan ramah lingkungan serta aman untuk petani dan konsumen, (6) Paket Teknologi Tepat Guna (TTG) memproduksi Hortikultura Organik Nasional untuk menopang Pangan Organik Nasional, (7) Menghasilkan Paten dan atau HaKI dari hasil penelitian MP3EI, serta (8) Publikasi Ilmiah pada Journal Nasional dan Internasional yang terakreditasi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Research dan *Action Research* MP3EI KE. Jawa akan dilakukan di beberapa Sentra Produksi Hortikultura di Jawa Timur, yaitu di Bromo, Kab. Probolinggo; dan Banyuwangi, Kab. Banyuwangi, Jatim serta di laboratorium dan *Greenhouse*, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Tabel 1. Rincian Metode Penelitian Masing-masing Percobaan dalam Penelitian MP3EI Tahun Ketiga

Pelaksanaan Penelitian	Rancangan	Metode Penelitian	Indikator
TAHUN KE III			
1). Pengembangan Teknik Penyimpanan dan Formulasi Bentuk Tepung, Granuler dan Cair Nematoda entomopatogen yang terseleksi	Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial pertama adalah bentuk formulasi (2 perlakuan) yaitu powder/serbuk, dan granuler dan Faktor kedua adalah komposisi media (6 perlakuan) Zeolit dan Cythosan	Metode Penelitian Teknik penyimpanan NEP isolat lokal terseleksi dari hasil produksi massal pd suhu 4°, 10°, 20°, 32° C dalam media air steril dengan perlakuan Formaldehyde 0,01; 0,02; 0,05 dan 0,1%. Perlakuan diulang 5 kali pada setiap perlakuan suhu (n = 80). Bentuk formulasi yaitu powder/serbuk, dan granuler dan faktor kedua adalah komposisi media (6 perlakuan) Zeolit dan Cythosan yaitu: (A) Zeolit 50% + Cythosan 50%; (B) Zeolit 75% + 25% Cythosan; (C) Zeolit 100%; (D) Zeolit 25 % + Cythosan 75 % , (E) Cythosan 100% dan (F) Formula Spon sebagai Kontrol	(1) Diperoleh komposisi Formulasi yang paling efektif dan baik untuk Nematoda dan Jamur entomopatogen sbg pengendali hama hortikultura, (2) Didaftarkan Paten/ HaKI fomulasi NEP yang efektif dan baik sbg agens hayati hama hortikultura di Indonesia
2). Efisiensi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) untuk hama Hortikultura dan Analisis Kehilangan	Dari hubungan antara penurunan berat tanaman dan tingkat serangan bisa ditarik persamaan yang sesuai (fit) dengan diagram	Metode Penelitian Meliputi kegiatan penelitian menghitung berat basah dan kering dari beberapa tingkat serangan hama hortikultura .Dari rumus persamaan dapat digunak-	Kehilangan hasil tanaman hortikultura karena serangan hama dapat dikalkulasi dan

Hasil Produksi Tanaman Hortikultura	pencair yang diperoleh.	an secara mudah untuk menghitung dugaan kehilangan hasil.	dihitung
3) Pelatihan Petani tentang Produksi Massal dan Formulasi Agens hayati Nematoda dan Jamur entomopatogen di 3 sentra hortikultura di Jatim	Pelatihan dilaksanakan di lapangan dan laboratorium lapang secara sederhana untuk produksi massal dan formulasi agens hayati dalam media padat	Metode Penelitian Pelatihan produksi massal dan formulasi agens hayati untuk petani hortikultura di 3 sentra produksi di Bromo, Ijen dan Banyuwangi, Jatim	Pelatihan diikuti 75 orang per sentra produksi hortikultura, jadi total 225 petani berhasil dilatih produksi massal dan formulasi agens hayati
4). Analisis Biaya Produksi Massal Agens Hayati	Biaya perunit ini kemudian dikalikan dengan satuan 10^6 sehingga diperoleh besar biaya bahan baku untuk memproduksi satu juta nematoda (NEP)	Metode Penelitian Metode perhitungan menggunakan besaran biaya per-nematoda yang merupakan modifikasi dari metode analisa biaya per-unit sistem akuntansi biaya (Horngren <i>et al.</i> 1994).	Diperoleh berapa biaya produksi Nematoda entomopatogen pada media padat dan cair untuk efisiensi biaya produksi agens hayati
5) Mendirikan Pabrik Biopestisida berbahan aktif Nematoda entomopatogen	Mendirikan pabrik biopestisida baru di Jember, Jatim	Semua bahan produksi massal dan formulasi biopestisida bahan aktif NEP berasal dari riset tahun pertama dan kedua MP3EI	Memproduksi Biopestisida dalam kapasitas medium Scale mass production yang dikomersialkan di Jatim dan propinsi lainnya di Indonesia

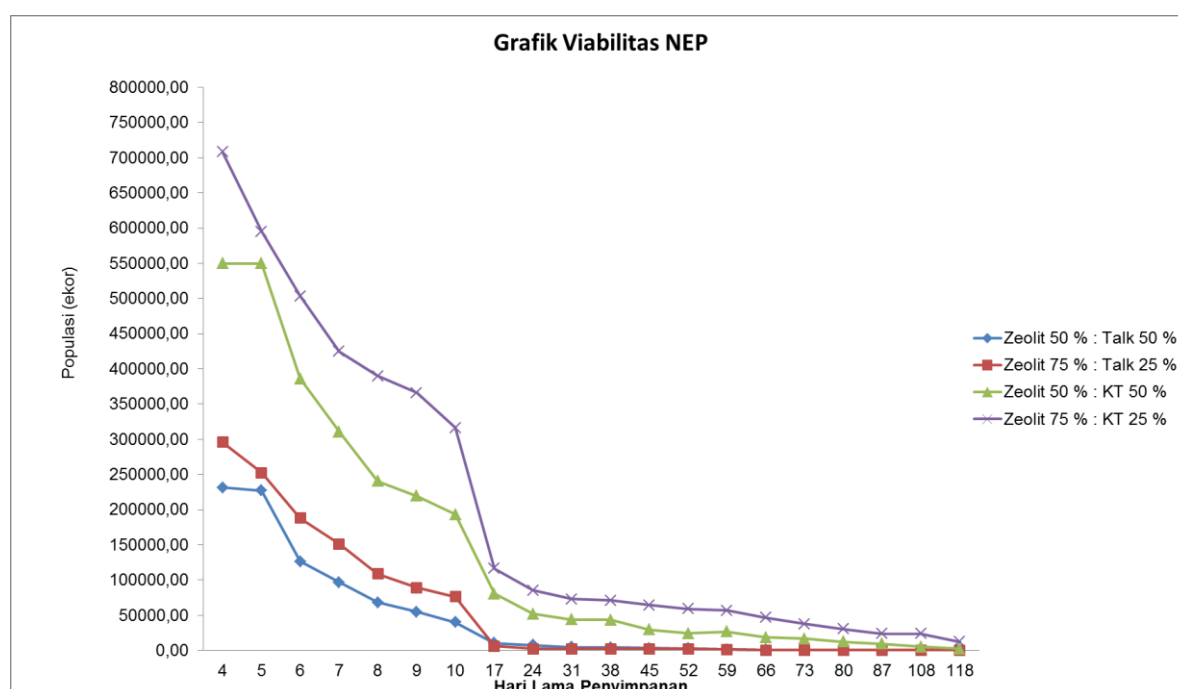
III. HASIL PENELITIAN MP3EI TAHUN KE TIGA

3. Pengembangan Teknik Penyimpanan dan Bentuk Formulasi Tepung dan Granuler Nematoda entomopatogen Isolat Lokal

3.1 Teknik Formulasi bioinsektisida Nematoda entomopatogen, *Heterorhabditis* sp. Terseleksi dalam media Granuler, Tepung dan Spon

Hasil pembuatan formulasi granular Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. dimana formulasi tersebut mendapatkan berbagai komposisi bahan pembawa yaitu perlakuan yang pertama Zeolit 50 % : Talk 50 %, yang kedua Zeolit 75 % : Talk 25 %, yang ketiga Zeolit 50 % : KT 50 % dan yang keempat Zeolit 75 % : KT 25 %. Komposisi formulasi granular mempunyai tekstur yang berbeda-beda. Tekstur pada komposisi Zeolit 50 % : Talk 50 % dan Zeolit 75 % : Talk 25 % mempunyai tekstur

yang agak lembut dan kelembapan dari formulasi tersebut lebih tinggi, sedangkan untuk komposisi formulasi Zeolit 50 % : KT 50 % dan Zeolit 75 % : KT 25 % taktur lebih kasar dan kelembapannya lebih rendah karena pada komposisi tersebut bercampur dengan kulit telur, tetapi pada komposisi formulasi Zeolit 50 % : KT 50 % dan Zeolit 75 % : KT 25 % lebih tahan lama dan memberikan hasil Viabilitas yang lebih tinggi di bandingkan dengan Zeolit 50 % : Talk 50 % dan Zeolit 75 % : Talk 25 %, hasil dapat di lihat pada gambar 3. yaitu tentang Jumlah populasi (viabilitas) nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp.. pada berbagai komposisi formulasi tepung pada perlakuan lama penyimpanan.



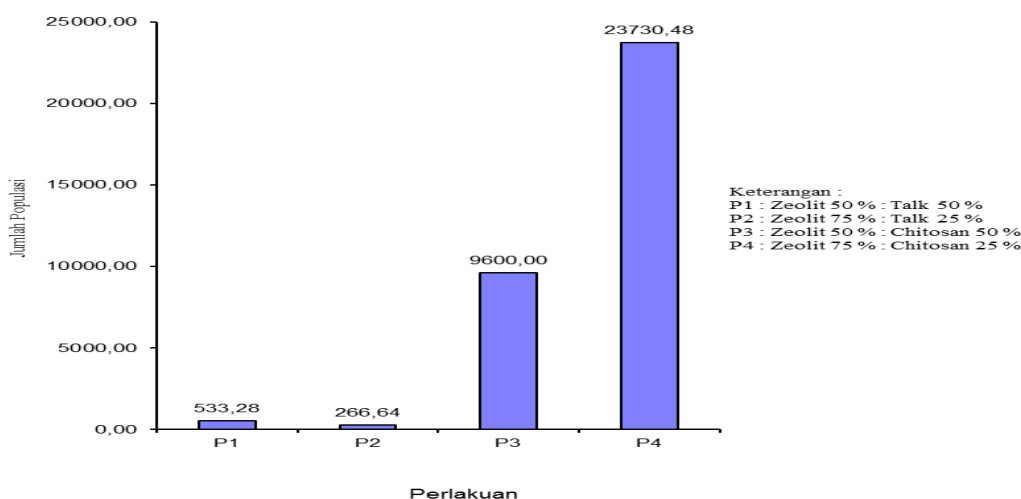
Gambar 3. Populasi (viabilitas) nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. pada berbagai komposisi formulasi tepung pada perlakuan lama penyimpanan.

3.2 Viabilitas *Heterorhabditis* sp. Isolat Lokal

Pada perbandingan komposisi formulasi bahan pembawa Nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp.. mampu bertahan hidup setelah disimpan beberapa bulan kemudian, tetapi seiring dengan lama penyimpanan tersebut Nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp.. mengalami penurunan. Berdasarkan sidik ragam

viabilitas nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp.interaksi memberikan pengaruh yang sangat nyata, terhadap jumlah Nematoda Entomopatogen *Steinernema* sp.

Pada pengamatan setelah 87 hari lama penyimpanan bahwa perlakuan perbandingan komposisi Zeolit 75 % : KT 25 % menunjukkan jumlah populasi yang paling tinggi yaitu sebesar 23730,48, sedangkan jumlah populasi yang paling rendah yaitu di tunjukan pada perbandingan komposisi Zeolit 75 % : Talk 25 % dengan jumlah 266,64. Dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Populasi agen hayati nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. dari berbagai komposisi formulasi tepung pada 87 hari lama penyimpanan.

Hasil pengamatan formulasi granular dari berbagai komposisi bahan pembawa terhadap viabilitas *Heterorhabditis* sp. dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata jumlah populasi (viabilitas) yang dipengaruhi perlakuan formulasi agen hayati nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp.

Perlakuan	Pengamatan ke-						
	59	66	73	80	87	108	118
P1	1599,84 c	1066,56 C	1066,56 c	533,28 c	533,28 c	533,28 B	533,28 B
P2	1333,20 c	533,28 C	533,28 c	533,28 c	266,64 c	266,64 B	266,64 B
P3	26666,16 b	18669,36 B	16799,52 b	12533,28 b	9600,00 b	266,64 B	2399,76 B
P4	56794,56 a	46932,96 A	37866,72 a	30413,04 a	23730,48 a	17866,08 A	12533,04 A

Keterangan : Rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata uji beda nyata jujur taraf 5%

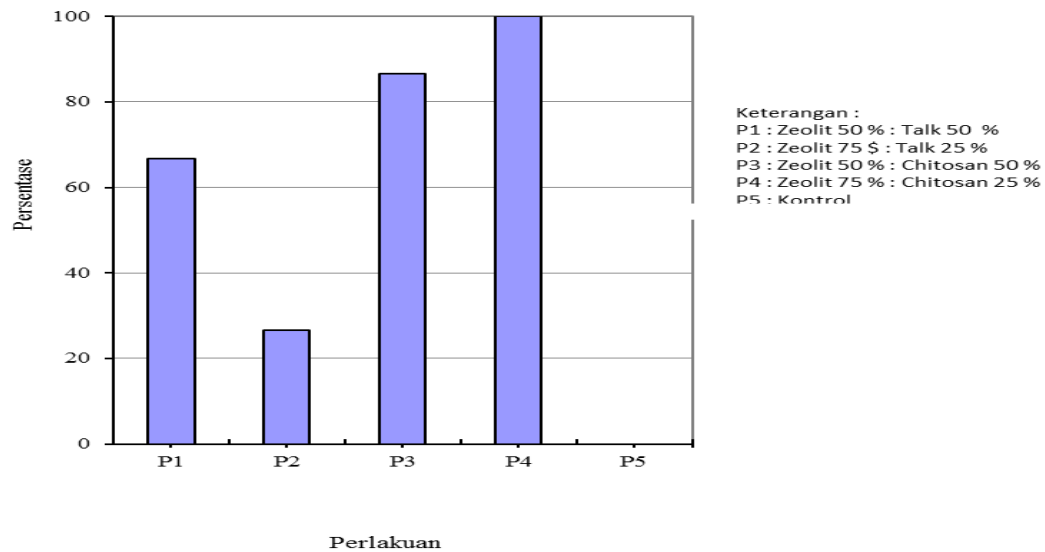
Berdasarkan tabel di atas, hasil uji beda nyata jujur terhadap jumlah populasi pada pengamatan 59, 66, 73, 80 dan 87 hari lama penyimpanan, perlakuan komposisi Zeolit 75% : KT 25% (P4) berbeda nyata dengan ketiga komposisi lainnya. Perlakuan komposisi Zeolit 50% : KT 50% (P3) berbeda nyata dengan dua komposisi lainnya, sedangkan antara komposisi Zeolit 50% : Talk 50% (P1) dan Zeolit 75% : Talk 25% (P2) berbeda tidak nyata. Perlakuan komposisi Zeolit 75% : KT 25% (P4) menghasilkan rata-rata jumlah populasi tertinggi pada kelima hari pengamatan tersebut dengan rata-rata jumlah populasi masing-masing adalah 56.795 JI (59 hari lama penyimpanan), 46.933 JI (66 hari lama penyimpanan), 37.867 JI (73 hari lama penyimpanan), 30.413 JI (80 hari lama penyimpanan) dan 23.730 JI (87 hari lama penyimpanan).

Hasil uji beda nyata jujur terhadap jumlah populasi pada pengamatan 108 dan 118 hari lama penyimpanan, perlakuan komposisi Zeolit 75% : KT 25% (P4) berbeda nyata dengan ketiga komposisi lainnya dan antara perlakuan komposisi Zeolit 50% : KT 50% (P3), Zeolit 50% : Talk 50% (P1) dan Zeolit 75% : Talk 25% (P2) berbeda tidak nyata. Perlakuan komposisi Zeolit 75% : KT 25% (P4) menghasilkan rata-rata jumlah populasi tertinggi pada pengamatan 108 dan 118 hari lama penyimpanan dengan rata-rata jumlah populasi masing-masing adalah 17.866 JI (108 hari lama penyimpanan) dan 12.533 JI (118 hari lama penyimpanan).

3.3 Virulensi Formulasi Nematoda Entomopatogen (NEP), *Heterorhabditis* sp. Terseleksi pada Hama Hortikultura, *Spodoptera litura*

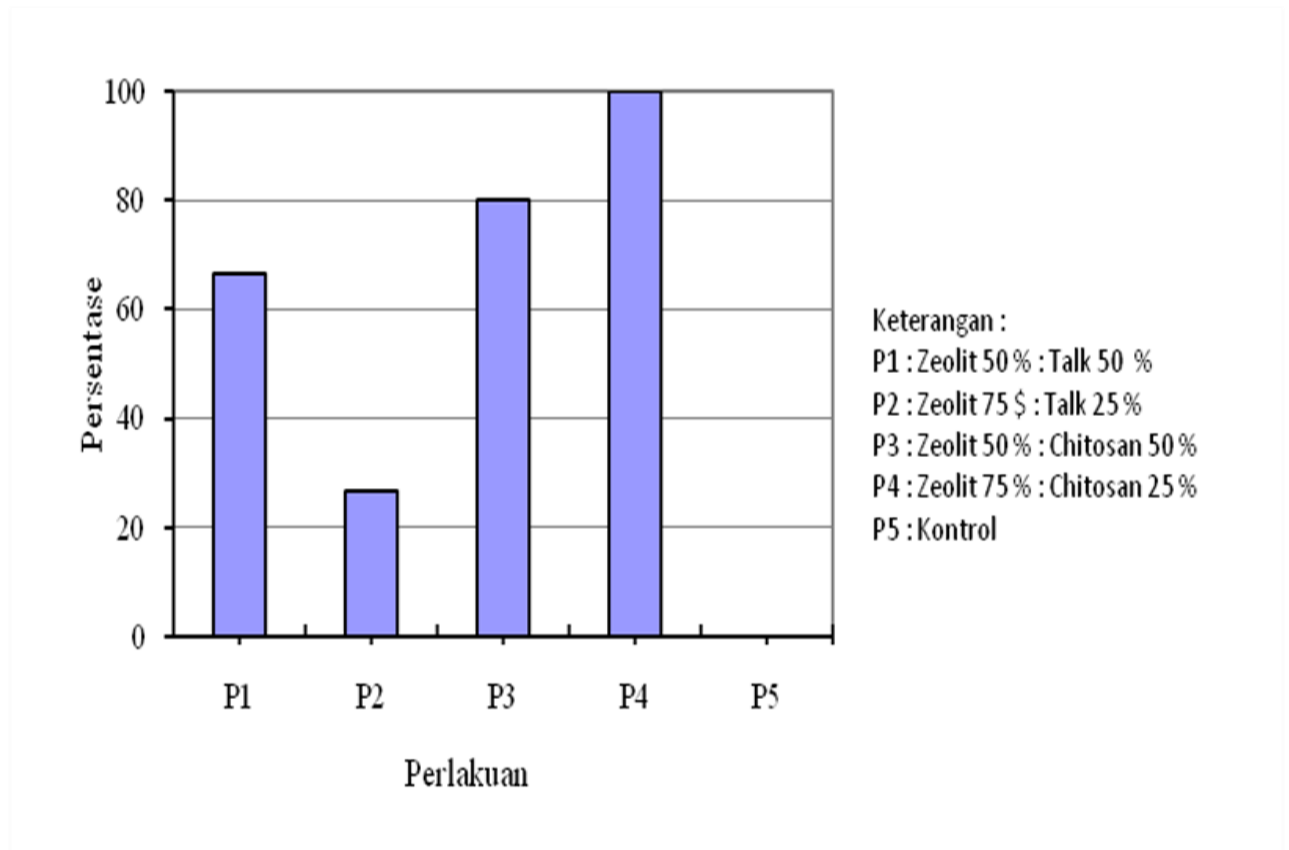
Pada uji virulensi menunjukkan hasil bahwa semakin lama penyimpanan formulasi akan mengakibatkan penurunan tingkat laju infeksi terhadap *Spodoptera litura*, tetapi Nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp.. masih mampu menyebabkan kematian ulat *Spodoptera litura* hingga 100 % pada perbandingan komposisi Zeolit 75% : KT 25%, dimana tingkat kematian pada komposisi tersebut paling tinggi di antara ketiga perbandingan komposisi yang lainnya yaitu komposisi Zeolit 50% : KT 50% dengan tingkat kematian 86,67 %, komposisi Zeolit 50% : Talk 50% dengan tingkat kematian 66,67 % sedangkan untuk komposisi Zeolit 75% : Talk 25% dengan tingkat kematian 26,67 %, hasil tersebut ditunjukkan pada 59 hari lama

penyimpanan dapat dilihat pada grafik xx. yaitu tentang hasil uji virulensi formulasi agen hayati nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp.. terhadap ulat *Spodoptera litura* (ulat grayak) pada 59 harilama



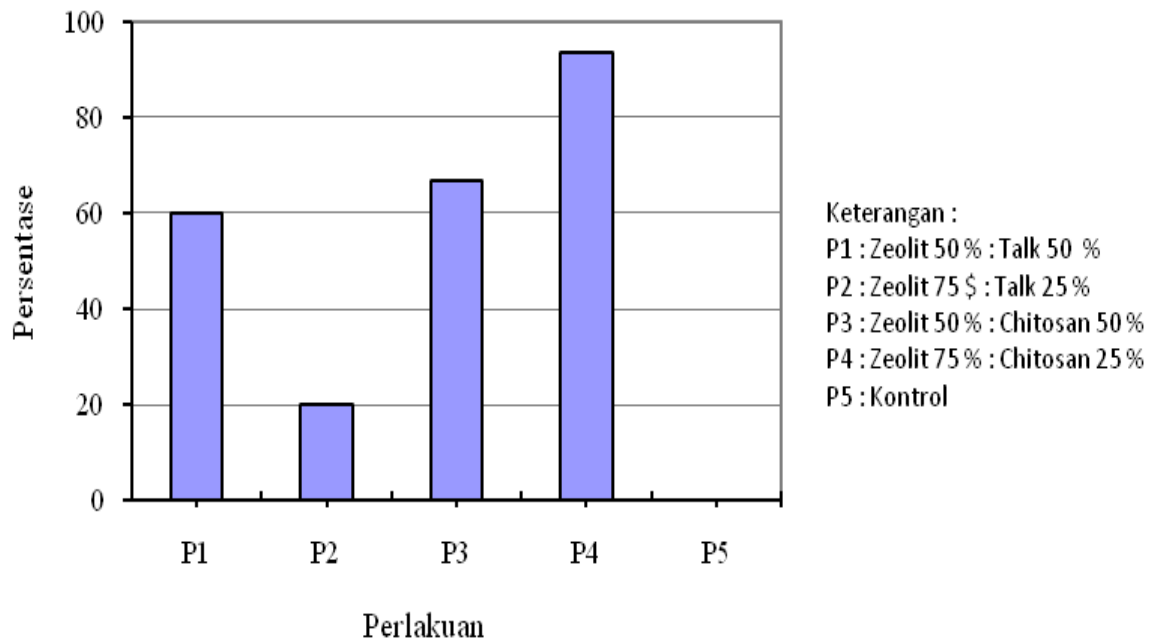
Gambar 5. Hasil uji virulensi formulasi nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. terhadap ulat *Spodoptera litura* pada 59 hari setelah penyimpanan

Selama 75 hari lama penyimpanan menunjukkan penurunan dari 59 hari lama penyimpanan, pada 75 hari lama penyimpanan menunjukkan hasil yaitu pada komposisi Zeolit 75% : KT 25% masih menunjukkan hasil kematian yang paling tinggi yaitu dengan tingkat kematian 100 %, untuk perbandingan komposisi Zeolit 50% : KT 50% menunjukkan tingkat kematian 80 %, untuk perbandingan komposisi Zeolit 50% : Talk 50% menunjukkan tingkat kematian 66,67 % sedangkan untuk perbandingan komposisi Zeolit 75% : Talk 25% menunjukkan tingkat kematian 26,67. Hasil tersebut dapat dilihat pada Grafik xx. Hasil uji virulensi formulasi agen hayati nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. terhadap ulat *Spodoptera litura* (ulat grayak) pada 75 hari lama penyimpanan.



Gambar 6. Hasil uji virulensi formulasi nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. terhadap ulat *Spodoptera litura* pada 75 hari lama penyimpanan.

Setelah 86 hari lama penyimpanan bahwa pada perbandingan komposisi Zeolit 75% : KT 25% menunjukkan hasil yang paling tinggi tingkat kematian yaitu 86,67 %, untuk komposisi Zeolit 50% : KT 50% menunjukkan tingkat kematian 66,67 %, untuk perbandingan komposisi Zeolit 50% : Talk 50% menunjukkan tingkat kematian 60 % sedangkan untuk perbandingan komposisi Zeolit 75% : Talk 25% menunjukkan tingkat kematian 20 %. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Mortalitas (virulensi) formulasi nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp. terhadap ulat *Spodoptera litura* pada 86 hari lama penyimpanan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan formulasi granular dengan perbandingan komposisi bahan pembawa Zeolit, Kulit Telur dan Talk dapat digunakan. Formulasi granular tersebut setiap minggunya mengalami penurunan jumlah Nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* sp., sehingga berdampak pula pada uji virulensi ke *Spodoptera litura*. Formulasi dari masing-masing perbandingan komposisi tersebut memiliki daya tahan hidup Nematoda Entomopatogen *Steinernema* sp., dimana Zeolit adalah satu kelompok berkerangka alumino-silikat yang terjadi di alam dengan kapasitas tukar kation yang tinggi, adsorpsi yang tinggi dan bersifat hidrasi-dehidrasi. Zeolit sendiri tersusun oleh silikon, oksigen dan aluminium dengan pori-porinya mengandung air yang dapat menyerap kation, dengan demikian Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. yang berada dalam komposisi formulasi tepung tersebut dapat bertahan hidup dengan adanya ketersediaan air dan oksigen yang terdapat dalam zeolit. Selain itu pada chitosan sendiri yang terbuat dari kulit telur, dimana kulit telur disini membantu menjaga Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. dari gangguan kontaminasi dan hal-hal yang lain.

Metode untuk penyimpanan dan formulasi juvenil infektif dari nematoda entomopatogen seharusnya memenuhi kriteria yaitu daya tahan hidup yang maksimal dan perlindungannya terhadap infektifitas yang maksimal. Formulasi dalam perbandingan bahan dasar zeolit 75% : Chitosan 25% menunjukan komposisi perbandingan formulasi agen hayati yang paling baik di bandingkan dengan komposisi formulasi agen hayati dengan bahan dasar zeolit 50% : chitosan 50%, zeolit 50% : talk 50% dan zeolit 75% : talk 25%.

3.4 Produksi Massal bioinsektisida Nematoda entomopatogen, *Steinernema sp.* dalam media Padat (*Solid Culture*)

Produksi massal *Steinernema sp.* mempunyai peranan yang penting dalam ketersediaan agens hayati tersebut bagi pelaku pertanian. Keberhasilan pembiakan massal *Steinernema sp.* sangat dipengaruhi oleh konsentrasi inokulum awal, komposisi nutrisi yang terkandung dalam media perbanyakan, suhu serta sistem pembiakan massal yang efisien (Han *et al.*, 1993). Dalam penelitian ini digunakan tiga jenis media perbanyakan yang diformulasikan kedalam spon dalam Erlenmeyer 500 ml.

Dari analisis varians yang dilakukan terhadap produksi *Steinernema sp.* (All strain) selama 14 hari setelah inokulasi, perlakuan konsentrasi inokulum, suhu serta media memberikan hasil yang berbeda secara signifikan terhadap produksi IJ .

Tabel 8. Rata-rata Infektif Juvenile (IJ) *Steinernema sp.* pada Interaksi Suhu dan Konsentrasi terhadap Media, pada 14 Hari Setelah Inokulasi.

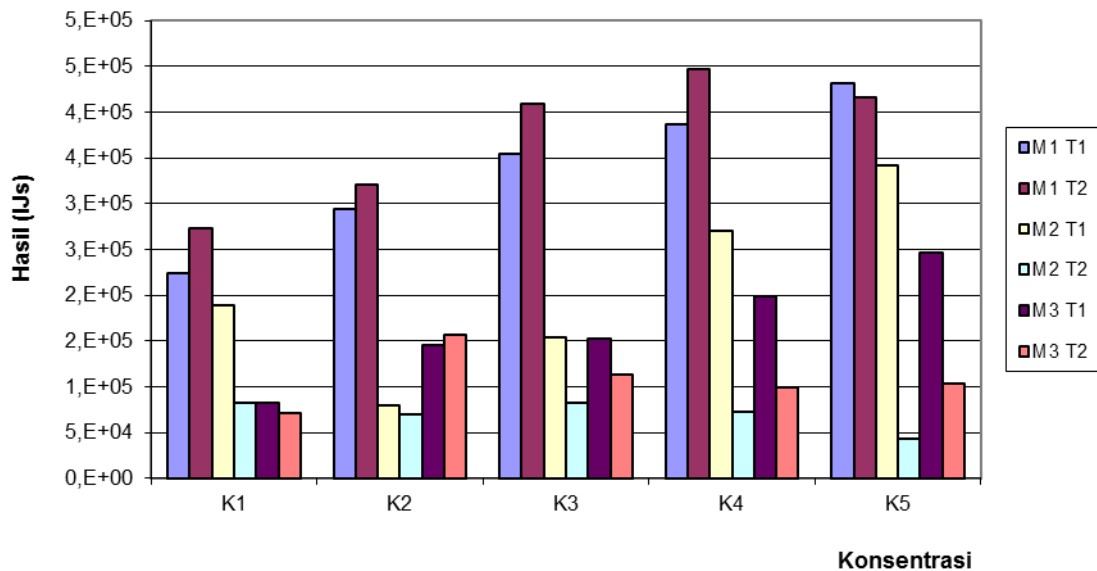
Perlakuan	Rerata Produksi Infektif Juvenile (IJ/gram media)		
	M1	M2	M3
T1K1	224576 J	189568 c	81593 I
T1K2	293978 H	79766 efg	145931 E
T1K3	353743 F	154483 d	152948 Cd
T1K4	385971 E	270039 b	199347 B
T1K5	431916 B	341919 a	246476 A
T2K1	272527 I	82317 ef	71565 J
T2K2	320355 G	70296 hi	156352 C

T2K3	408820 D	82651 e	112737 F
T2K4	447596 A	73065 h	99339 H
T2K5	416745 C	43347 j	103977 G

Keterangan: Notasi angka yang sama dalam kolom menunjukkan tidak berbeda secara signifikan pada uji jarak Duncan pada taraf 5%

Pada media tepung kedelai (M1), hasil terbaik diperoleh jika sumber inokulum sebesar 350.000 IJ (K4) diinkubasi pada suhu 27 °C (T2), yaitu sebesar 447.596 IJ/g media. Perlakuan media kuning telur (M2) dan media konsentrat (M3) memberikan hasil produksi IJ yang terbaik apabila media diinokulasikan dengan 450.000 IJ (K5) dan diinkubasi pada suhu 25 °C (T1), yaitu masing-masing sebesar 341.919 dan 246.476 IJ/g media. Hasil produksi IJ yang rendah pada M1, M2 dan M3 berturut-turut T1K1 (224.576 IJ/g media), T2K5 (43.347 IJ/g media) dan T2K1 (71.565 IJ/g media) (Tabel 15). Perbandingan ketiga media pembiakkan massal *Steinernema sp.*(All Strain) pada setiap interaksi suhu dan konsentrasi yang sama menunjukkan M1 merupakan media yang terbaik untuk digunakan sebagai bahan pembiakkan secara *in vitro* dengan menggunakan spon (Tabel 2). Pada konsentrasi 250.000 IJ yang di inkubasi pada suhu 25 °C, media kuning telur dan konsentrat menunjukkan hasil yang tidak berbeda secara signifikan. Konsentrasi inokulum yang rendah memberikan produksi yang rendah pada M1 dan M3 kecuali pada M2. Pada suhu 25 °C hasil produksi IJ meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi. Tetapi pada suhu 27 °C terjadi penurunan produksi setelah mengalami titik optimum seperti dalam gambar 9.

Hasil yang tertinggi pada interaksi T2K1 sampai dengan T2K5 ditunjukkan oleh media tepung kedelai dan yang terendah terdapat pada media kuning telur dengan hasil yang berbeda secara signifikan.



Gambar 9. Populasi IJ *Steinernema sp.* pada beberapa perlakuan suhu, media dan konsentrasi.

Pada konsentrasi inokulum 50.000 IJ (K1), hasil terbaik diperoleh dari kombinasi M1T2 (272.527 IJ/g media), dan terendah terdapat pada M3T2 (71.565 IJ/g media). Dengan peningkatan konsentrasi sampai dengan K4, produksi yang diperoleh pada M1T2 semakin meningkat, dan ketika konsentrasi ditingkatkan (K5), populasi mengalami penurunan. Berbeda dengan M1T1, secara konstan populasi IJ yang dihasilkan terus meningkat seiring bertambahnya konsentrasi. Hasil terendah pada setiap konsentrasi diperoleh dari kombinasi M3T2 untuk K1 dan M2T2 untuk K2, K3, K4 dan K5.

Hasil produksi yang terbaik terdapat pada media tepung kedelai. *Steinernema sp.* membutuhkan sumber protein yang tinggi dan hal tersebut diperoleh salah satunya dari bahan tepung kedelai. Menurut Direktorat Gizi Depkes RI tahun 1981 dalam Rukmana & Yuniarsih (1996) kedelai mengandung protein sebesar 34,90 g, lemak 18,10 g, karbohidrat 34,80 g dan kalori sebesar 331,00 kal. Media kuning telur memberikan hasil yang tinggi pada konsentrasi inokulum yang semakin meningkat, dibandingkan dengan konsentrat pakan lele pada suhu 25 °C (Gambar 34). Sedangkan pada suhu 27 °C, hasil yang terendah diperoleh dari media kuning telur. Setiap 100 g bagian kuning telur memiliki protein sebanyak 16,3 g, lemak 31,9 g, karbohidrat 0,7 g serta air sebesar 49 g (Anggorodi, 1985), sedangkan konsentrat pakan lele yang berasal dari industri

mempunyai label kandungan protein sebesar 18%, dan sisanya lemak dan bahan campuran lainnya.

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu mempengaruhi besarnya hasil IJ yang dihasilkan. Suhu 25 °C memberikan perkembangan populasi IJ yang masih terus meningkat sedangkan pada suhu 27 °C memberikan populasi yang menurun setelah pada konsentrasi tertentu berada pada titik yang optimal. Oleh karena itu periode inkubasi pada suhu 25 °C, memerlukan waktu yang lebih lama. Dalam hal ini suhu mempengaruhi metabolisme *Steinernema sp.* yang memacu *recovery* dan aktivitas makan dari Juvenile pada masa reproduksi (Han *et al.*, 1993).

Uji patogenisitas yang dilakukan terhadap larva *Plutella xylostella* menunjukkan tidak ada perbedaan secara signifikan antara produksi *Steinernema sp.* pada media yang berbeda dengan kemampuan nematoda dalam menginfeksi larva (Tabel 10). Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan menginvasi dan membunuh larva dari *Steinernema sp.* tidak dipengaruhi oleh jenis makanan yang diujikan. Dalam kasus ini tidak diketahui pengaruh dari perbedaan media uji terhadap kualitas bakteri simbiosis yang berkembang dalam media tersebut.

Tabel 10. Patogenisitas Infektif Juvenile Nematoda *Steinernema sp.* Hasil Produksi Massal terhadap Larva *Plutella xylostella*. dengan dosis aplikasi 400 ml/Petridish

Perlakuan	Prosentase Kematian Terkoreksi		
	24 Jam	48 Jam	72 Jam
M1	6,67A	27,5a	75A
M2	13,33A	25a	70A
M3	13,33A	25,00a	62,5A

Tabel 11. Perbandingan Jumlah IJ dan Analisa Biaya pada Beberapa Media Pemiakan Massal *Steinernema sp.*

Parameter	Hasil		
	M1T2K4	M2T1K5	M3T1K5
1. Jumlah Komposisi Media (g)	324,9	221,4	392,4
2. Jumlah IJ yang dihasilkan per g media	447.596	341.919	246.476
3. Total IJ per komposisi media	145.423.940	75.700.867	96.717.182

4. Biaya material (Rupiah)*	17.118	22.605	18.556
5. Harga NEP per 10 ⁶ IJ (Rupiah) *	118	299	192
6. Harga NEP per g media (Rupiah)*	52.7	102.1	47.3
7. Luas areal yang dibutuhkan jika dosis aplikasi hama seluas 250.000 IJ/m ²	581,7	302,8	386,9

Dari ketiga media yang menghasilkan produksi IJ yang optimal yaitu M1T2K4, M2T1K5 dan M3T1K5, media yang menghasilkan biaya termurah dan memberikan hasil IJ yang besar adalah media menggunakan tepung kedelai sebagai bahan dasar, yaitu 118/10⁶ IJ (Tabel 11). Besarnya biaya produksi dapat dikatakan tidak stabil, karena faktor pasar sangat menentukan fluktuasi harga yang juga mempengaruhi bahan baku bagi produksi massal *Steinernema sp.*

3.5 Produksi Massal bioinsektisida Nematoda entomopatogen, *Heterorhabditis sp.* dalam media Cair (*Liquid Culture*)

Produksi massal agens pengendali hayati (APH) berbahan aktif Nematoda entomopatogen isolat lokal dalam media cair (*Liquid Culture*) merupakan hal yang baru di Indonesia, dalam penelitian ini memanfaatkan media cair yang ada di tanah air dan yang murah.

Media cair yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (i) BSA, (ii) Ekstrak Khamir, (iii) Media Modifikasi, dan (iv) YS dengan komposisi tertentu.

Dari hasil penelitian diperoleh, bahwa perbandingan media cair untuk memproduksi massal agensia pengendali hayati (APH) Nematoda entomopatogen Ekstrak Khamir menghasilkan IJ terbanyak yaitu 12396,76 IJ/ml, media BSA 9973,04 IJ/ml., sedangkan media modifikasi menghasilkan IJ 1657,52 IJ/ml., dan media YS mengasilja IJ yang terendah yaitu 841,20 IJ/ml. Sampai 14 hari waktu produksi seperti terlihat pada Tabel 12 dibawah ini.

Tabel 12. Perbandingan hasil produksi massal berbagai Media Cair setelah 14 hari produksi

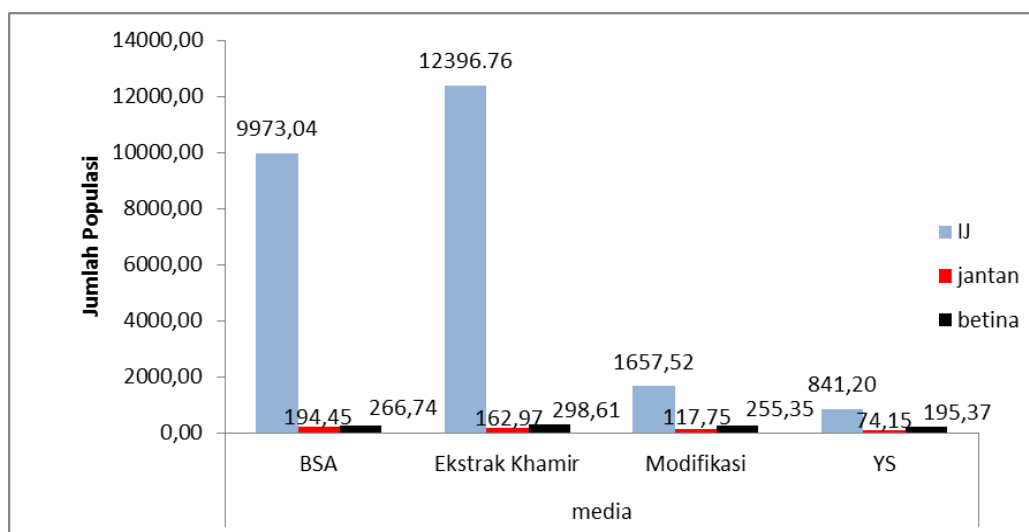
Jumlah Populasi	Media
-----------------	-------

	BSA	Ekstrak Khamir	Modifikasi	YS
IJ (Dauer Larvae)	9973,04	12396,76	1657,52	841,20
Jantan	194,45	162,97	117,75	74,15
Betina	266,74	298,61	255,35	195,37

Tabel 13. Perbandingan Jumlah Populasi

Jumlah Populasi	Media			
	BSA	Ekstrak Khamir	Modifikasi	YS
IJ (Dauer Larvae)	51	76	14	11
Jantan	1	1	1	1
Betina	1	1	1	2

Dari tabel 13 diatas perbandingan perkembangan nematoda entomopatogen pada media cair BSA merupakan yang tertinggi dibandingkan media perlakuan lainnya. Pada media BSA menghasilkan 76 IJ/ml., sedangkan media BSA 51 IJ/ml., media modifikasi 14 IJ/ml., dan yang terendah media YS hanya 11 IJ/ml.



Gambar 4. Hasil produksi massal NEP dalam media cair selama 14 hari dalam media cair BSA, Ekstrak Khamir, Modifikasi dan YS.

Jumlah Populasi IJ/ml Media

Media	Pengamatan ke-							
	I (10 hsi)	II (15 hsi)	III (20 hsi)	IV (25 hsi)	V (30 hsi)	VI (40 hsi)	VII (50 hsi)	VIII (60 hsi)

Media BSA	7994,95	8917,59	9851,86	11890,3	13671,30	12257,4	9334,26	5866,67
Media Khamir	11130,56	13211,1	15420,4	15023,2	14742,59	14548,2	9894,44	5203,70
Media Modifikasi	2295,15	2225,93	2221,30	2105,56	1711,11	1524,26	796,30	380,56
Media YS	1735,18	1261,11	1239,81	785,18	742,59	591,67	280,56	93,52

Jumlah Populasi Jantan/ml Media

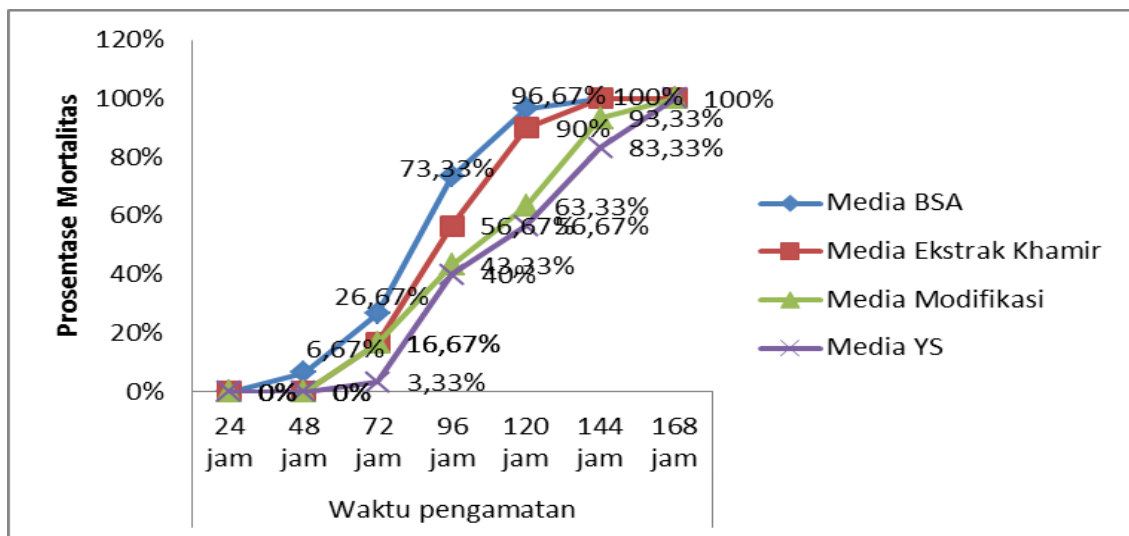
Media	Pengamatan ke-							
	I (10 hsi)	II (15 hsi)	III (20 hsi)	IV (25 hsi)	V (30 hsi)	VI (40 hsi)	VII (50 hsi)	VIII (60 hsi)
Media BSA	357,41	355,56	265,74	183,34	179,63	108,33	85,19	28,70
Media Khamir	286,11	285,19	216,67	161,11	140,74	116,67	67,59	29,63
Media Modifikasi	249,08	204,63	179,63	143,52	75,93	52,78	25,93	13,89
Media YS	139,81	138,89	97,22	88,89	52,41	37,97	22,22	15,74

Jumlah Populasi Betina/ml Media

Media	Pengamatan ke-							
	I (10 hsi)	II (15 hsi)	III (20 hsi)	IV (25 hsi)	V (30 hsi)	VI (40 hsi)	VII (50 hsi)	VIII (60 hsi)
Media BSA	422,22	393,52	381,48	313,89	277,41	211,11	84,26	50
Media Khamir	483,33	437,04	380,56	357,41	354,63	275	62,04	38,89
Media Modifikasi	542,59	475,93	318,52	305,56	176,11	138,89	25,93	20,37
Media YS	467,78	345,37	258,34	192,60	142,59	95,37	22,22	22,22

Tabel 14. Hasil Uji Biotest pada larva *Galleria mellonella* setelah aplikasi 24 s/d 168 jam

Media Perlakuan	Waktu Pengamatan							Rata-Rata
	24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	120 jam	144 jam	168 jam	
Media BSA	0%	6,67%	26,67%	73,33%	96,67%	100%	100%	57,62%
Media Ekstrak Khamir	0%	0%	16,67%	56,67%	90%	100%	100%	51,91%
Media Modifikasi	0%	0%	16,67%	43,33%	63,33%	93,33%	100%	45,24%
Media YS	0%	0%	3,33%	40%	56,67%	83,33%	100%	40,48%



Gambar 5. Hasil Uji Biotest pada larva *Galleria mellonella* setelah aplikasi 24 s/d 168 jam

Hasil uji biotest pada larva *G. mellonella*, nematoda entomopatogen dari media cair BSA memiliki patogenisitas yang tinggi dibandingkan pada media cair lainnya Pada 96 jam setelah aplikasi mencapai prosentase kematian 73,33%, dan media Ekstrak Khamir mencapai 56,67%, media modifikasi 43,33% dan yang terendah Adalah media YS hanya mencapai prosentase kematian 3,33%.

Penelitian produksi massal Agens Pengendali hayati (APH) berbahan aktif Nematoda entomopatogen (NEP) isolat lokal yang terseleksi pada penelitian Tahap II (Mei s/d September 2015) , yaitu *Heterorhabditis* sp. dan *Steinernema* sp. berhasil diproduksi massal dalam media *In Vitro* pada Media Cair (*Liquid Culture*), yang telah menghasilkan 5000 Ampul per minggunya. Sedangkan untuk Aplikasi Tanaman Pangan seluas 250 Hektar.

Pada bulan Maret/April 2015 mendapatkan pesanan dari Dinas Perkebunan Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur sebanyak 8.520 Ampul untuk mengendalikan Hama Utama Tanaman Tembakau di Kabupaten Bondowoso, Jatim.

Pada bulan Agustus-September 2015 juga menghasilkan produksi sebanyak 4000 Ampul yang akan dipasarkan untuk tanaman pangan dan perkebunan di Jawa timur.

Dengan adanya skim MP3EI DP2M- Kemristekdikti ini merupakan hal yang sangat baik dan positif dalam mempercepat Komersialisasi Produk Unggulan Universitas Jember berupa Biopestisida berbahan aktif Nematoda entomopatogen isolat Lokal terseleksi yang Ampuh dan Efektif untuk mengendalikan hama pada tanaman Pangan, Perkebunan, Hortikultura dan Buah-buahan dengan nama HORTINEMA berbahan aktif *Steinernema* sp. dan COLEONEMA berbahan aktif *Heterorhabditis* sp.

3.6 Uji Multilokasi Efektifitas Agens Pengendali Hayati (APH) dan Pupuk Organik Plus Biopestisida di Bromo, Kab. Probolinggo

Metode Penelitian

Rancangan percobaan pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Penelitian ini terdiri dari 6 jenis perlakuan, dan 1 perlakuan kontrol yang diulang sebanyak 4 kali ulangan. Sehingga diperoleh 28 plot perlakuan dalam satu lahan penelitian. Beberapa perlakuan yang dilakukan pada penelitian sebagai berikut :

- A : Pupuk organik granul (2 kg) + *M. anisopliae* (80 g)
- B : Pupuk organik cair (10 ml) + *M. anisopliae* (80 g)
- C : Pupuk organik granul (2 kg) + NEP *Heterorhabditis* sp. (5×10^6 JI)
- D : Pupuk organik cair (10 ml) + NEP *Heterorhabditis* sp. (5×10^6 JI)
- E : NEP *Heterorhabditis* sp. (5×10^6 JI)
- F : Cendawan entomopatogen *M. anisopliae* (80 g)
- G : Kontrol (pupuk organik granul)

A1	B1	D1	G1	F1	C1	E1	U ↑
B2	C2	E2	D2	A2	F2	G2	
F3	D3	G3	A3	C3	B3	E3	
C4	A4	G4	B4	D4	E4	F4	

Gambar 6. Denah percobaan aplikasi pupuk organik cair dan granul plus Agen Pengendali Hayati. Huruf menandakan jenis perlakuan sedangkan angka menandakan ulangan.

Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilaksanakan pada penelitian ini antara lain :

1. Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah dilakukan secara tradisional menggunakan cangkul dengan cara membalik tanah agar tanah bagian bawah terkena sinar matahari yang bertujuan untuk mengurangi hama penyakit di dalamnya. Tanah ini diberokan selama 3-4 hari setelah pengolahan supaya tanah menjadi lebih gembur dan memiliki aerasi yang baik.

2. Pemupukan Dasar

Aplikasi pupuk dasar dilakukan pada saat sebelum pembuatan bedengan. Pemberian pupuk kandang (umumnya kotoran ayam) sebanyak 12 karung pada lahan yang akan dilakukan penelitian. Pemberian pupuk dasar dengan membuat pola garis lurus menyesuaikan arah yang akan dibuat bedengan. Pemberian *Trichoderma* sp. pada bedengan, digunakan bahan berbentuk tablet merk dagang Bactoplus. Cara aplikasi yaitu dilarutkan 1 tablet ke dalam air sebanyak 100 ml selama 6-12 jam. Kemudian larutan Bactoplus yang sudah dilarutkan dicampur dengan air sebanyak 15 l atau satu tangki sprayer punggung lalu *Trichoderma* sp. siap diaplikasikan terhadap bedengan.

3. Pembuatan Bedengan

Setelah pemberian pupuk dasar selesai, selanjutnya pembuatan bedengan seperti yang dilakukan oleh petani kentang. Tanah dibentuk bedengan dengan menutupi alur pupuk dasar yang sudah ada. Membuat bedengan dengan masing panjang 400 cm, lebar 40 cm, jarak antar bedeng 40 cm dan jumlah bedengan pada tiap petak perlakuan sebanyak 4 bedengan. Hal ini dilakukan untuk memudahkan peneliti dalam hal plotting petak sampel, aplikasi perlakuan, dan pengamatan saat penelitian.

4. Penanaman Kentang

Penanaman dilakukan dengan cara meletakkan umbi bibit kentang kedalam lubang dengan kedalaman 10 cm dengan posisi tunas umbi bibit kentang menghadap ke atas dan lubang ditutup kembali dengan tanah. Umbi bibit yang digunakan sebagai bahan tanam adalah bibit varietas Granola. Penanaman bibit dalam satu bedengan terdapat 10 lubang tanam. Sehingga pada satu plot dengan 4 bedengan berisi 40 tanaman.

5. Aplikasi Pupuk Organik Cair Dan Granul Plus Agen Pengendali Hayati

Dosis yang digunakan pada masing-masing perlakuan pada NEP *Heterorhabditis* sp. sebanyak 5×10^6 JI/20m², Pupuk organik granul plus NEP *Heterorhabditis* sp. sebanyak 1000 kg/Ha, Pupuk organik cair plus NEP *Heterorhabditis* sp. sebanyak 50 liter/Ha, Pupuk organik granul sebanyak 1000 kg/Ha, Pupuk organik cair sebanyak 50 liter/Ha, dan *Metarhizium* sp. sebanyak 40 kg/Ha.

Aplikasi pertama dilakukan sewaktu tanaman kentang berumur 21 hari setelah tanam (HST), diulang dengan interval 7 hari hingga usia 70 HST. Aplikasi semua perlakuan mulai dilakukan pada sore hari pada pukul 15.00 atau pada saat sinar matahari sudah tidak terik sampai dengan selesai. Agens hayati dan pupuk organik diaplikasikan sesuai dengan jenis perlakuan dan sesuai dengan plot. Semua perlakuan diberikan ke tanah, dengan cara disiram (kocor) untuk pupuk organik cair dan aplikasi tunggal nematoda entomopatogen, sedangkan dengan cara dibenamkan di dekat pangkal batang untuk pupuk organik granul, serta cendawan entomopatogen.

Pupuk organik cair dan granul plus agens hayati diberikan langsung ke tanah. Pupuk organik formulasi granul sudah bercampur agens hayati yaitu nematoda entomopatogen (NEP) *Heterorhabditis* sp. dan cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae*. Aplikasi pupuk organik plus agens hayati dibandingkan dengan formulasi agens hayati tanpa pupuk. Penggunaan kedua jenis agen hayati tersebut karena memiliki kemampuan membunuh beberapa hama tanah. Sedangkan perlakuan kontrol hanya berupa pemupukan tanpa penambahan agens hayati. Beberapa jenis aplikasi yang digunakan pada penelitian sebagai berikut :

a) Pupuk organik granul plus *M. anisopliae*.

Aplikasi berupa pupuk organik granul yang dicampur dengan cendawan entomopatogen *M. anisopliae*. Pupuk organik sebanyak 2 kg ditambah dengan cendawan *M. anisopliae* sebanyak 80 g. Proses pencampuran dilakukan pada tempat yang terhindar dari sinar matahari langsung. Pemberian pupuk ini dengan cara dibenamkan di antara tanaman atau sekitar pangkal batang tanaman menyesuaikan kondisi tanaman.

b) Pupuk organik cair plus *M. anisopliae*.

Aplikasi berupa pupuk organik cair yang dicampur dengan cendawan *M. anisopliae*. Pupuk organik cair sebanyak 10 ml ditambah dengan cendawan *M. anisopliae*

sebanyak 80 g. Kemudian ditambahkan dengan air sebanyak 8 liter dan aplikasi menggunakan gembor.

c) Pupuk organik granul plus NEP *Heterorhabditis* sp.

Aplikasi berupa pupuk organik granul dalam satu kemasan yang telah bercampur dengan NEP jenis *Heterorhabditis* sp. Pupuk organik granul tersebut yang dibutuhkan sebanyak 2 kg tanpa perlu mencampur lagi dengan NEP. Pemberian pupuk ini dengan cara dibenamkan (tugal) di sekitar pangkal batang tanaman menyesuaikan kondisi tanaman.

d) Pupuk organik cair plus NEP *Heterorhabditis* sp.

Pupuk organik cair yang telah bercampur dengan NEP *Heterorhabditis* sp. pupuk organik tersebut dibutuhkan sebanyak 10 ml lalu ditambah dengan NEP konsentrasi $2,5 \times 10^6$ JI dan dicampur dengan air sebanyak 4 liter. Aplikasi menggunakan alat semprot punggung semi otomatis, disemprotkan di permukaan tanah dekat pangkal tanaman.

e) Biopestisida NEP *Heterorhabditis* sp.

Membutuhkan NEP dengan konsentrasi ($2,5 \times 10^6$ JI), dilarutkan dalam air sebanyak 4 liter. Aplikasi disemprotkan pada permukaan tanah dekat pangkal tanaman menggunakan alat semprot punggung semi otomatis. Bagian yang disemprot pada permukaan daun dan permukaan tanah sekitar tanaman.

f) Cendawan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae*

Cendawan entomopatogen *M. anisopliae* dibutuhkan sebanyak 80 gram dicampur dengan tanah secukupnya. Aplikasi dibenamkan dengan tugal di sekitar 10 cm dekat pangkal tanaman.

g) Kontrol

Pada kontrol hanya pemberian pupuk organik granul tanpa APH. Pupuk organik granul yang dibutuhkan sebanyak 2 kg. Aplikasi dengan cara ditugal diantara tanaman kentang. Pupuk organik granul yang dipakai telah terdaftar dengan merk dagang Organema. Pupuk organik granul Organema memiliki kandungan nutrisi dan mikroorganisme yang akan berperan sebagai biofertilizer dan biopestisida serta telah memenuhi baku mutu pupuk organik. Sehingga pupuk organik bisa langsung diaplikasikan ke lahan pertanaman dengan dosis yang mengikuti pada petunjuk. Kandungan hara dari Organema antara lain : C Organik 17,42%; C/N ratio 15,84; N Total 1,10%; P₂O₅ 1,92%; K₂O 1,41%; Kadar air 23,19%; pH 7,17; Penambat N $3,00 \times 10^7$; Pelarut P 1,25

$\times 10^6$; Nematoda entomopatogen 50×10^6 JI. Sedangkan dosis untuk tanaman kentang dianjurkan sebanyak 500-1000 kg/Ha.

6. Pemanenan dan penimbangan produksi tanaman

Membongkar bedengan kemudian mengambil umbi kentang dari 5 tanaman contoh dan setiap petak plot keseluruhan. Umbi kentang yang diperoleh lalu ditimbang dan dicatat beratnya berdasarkan tanaman contoh dan setiap plot. Berat yang telah diketahui lalu dihitung rata-ratanya hingga dikonversi menjadi produksi umbi kentang per hektar.

Parameter Pengamatan

Variabel yang diamati pada penelitian meliputi :

1. Tingkat Kematian (Mortalitas) Hama Tanah

Menghitung mortalitas hama ulat tanah (*A. ipsilon*) dan uret (*H. javana*) pada lapisan tanah di sekitar tanaman kentang. Tanaman sampel diberi tanda dengan bambu secara bujur sangkar dengan luasan sebesar 30×30 cm. Setelah itu, lapisan tanah dibongkar dengan kedalaman hingga 20 cm. Pengamatan 5 hari setelah aplikasi Agen Pengendali Hayati, menghitung hama yang mati dan hama yang masih hidup pada petak sampel. Jumlah sampel diambil adalah 2 tanaman dalam setiap petak perlakuan. Sehingga dalam satu kali pengamatan tanaman yang diamati sebanyak 56 tanaman dari seluruh areal penelitian.

Hama tanah yang ditemukan mati selanjutnya dihitung mortalitasnya. Berdasarkan Sucipto (2008), untuk menghitung persentase mortalitas hama tanah dihitung dengan rumus :

$$\text{Persentase mortalitas} : \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan : A = jumlah hama tanah yang mati; B = jumlah keseluruhan hama tanah yang ditemukan

2. Pertumbuhan Tanaman Kentang

Pengamatan pada pertumbuhan seperti tinggi tanaman dan jumlah daun. Tinggi tanaman dihitung menggunakan penggaris dari permukaan tanah hingga ujung titik pertumbuhan. Jumlah daun dihitung secara manual dibantu dengan alat handcounter. Data diperoleh dari 5 tanaman contoh tetap dari setiap petak perlakuan. Pengamatan dilakukan pada waktu umur tanaman kentang 30 HST, 45 HST, 60 HST dan 75 HST.

3. Hasil Umbi

Hasil umbi kentang dihitung berat umbi dari 5 tanaman contoh dan total panen berdasarkan masing-masing petak perlakuan. Kegiatan ini dilakukan pada saat akhir pengamatan. Tanah pada guludan dibongkar untuk kemudian mengambil umbi kentang lalu ditimbang dan dicatat pada lembar pengamatan. Hasil panen kemudian dihitung reratanya sehingga menjadi rerata produktivitas umbi per tanaman. Dari rerata hasil umbi per tanaman selanjutnya dikonversi menjadi rerata produktivitas per hektar.

4. Kualitas Umbi (Grading)

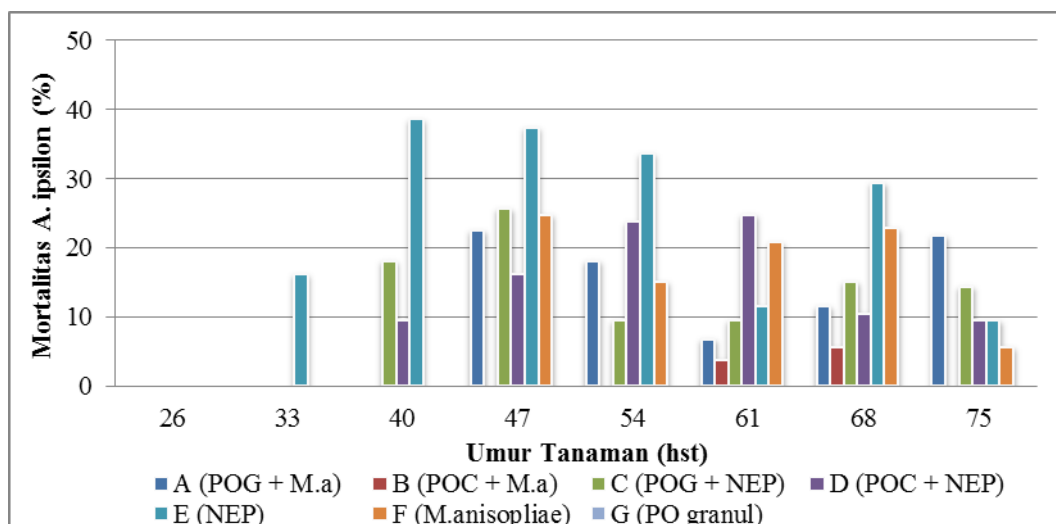
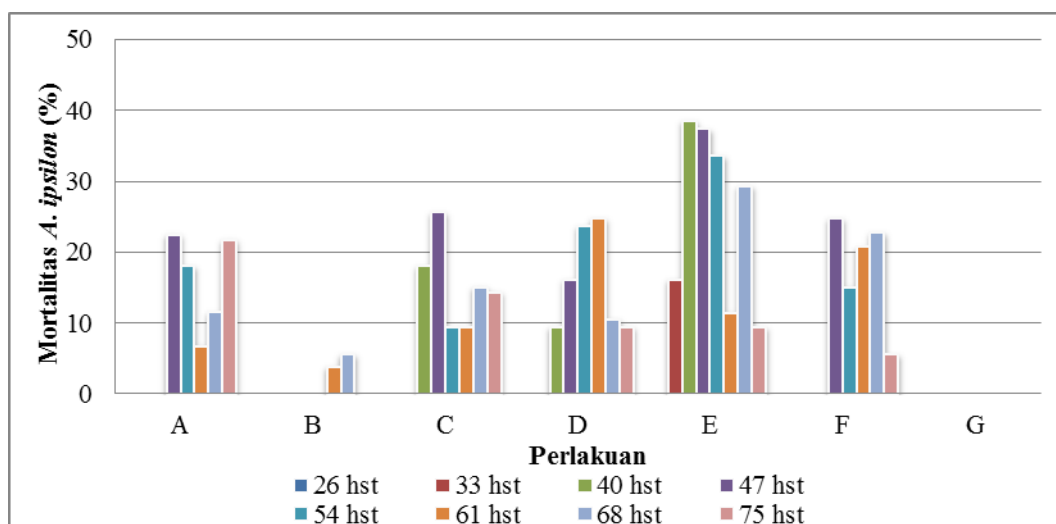
Setelah produksi umbi kentang ditimbang maka dilakukan penyortiran guna mengetahui kualitas kentang pada ukuran yang berbeda. Apabila terdapat umbi kentang yang tidak normal (rusak) maka dipisahkan dari umbi yang sehat dan dihitung persentase kerusakannya pada tiap perlakuan. Penimbangan umbi kentang menggunakan neraca digital supaya lebih mudah, akurat dan lebih cepat memperoleh data yang diamati.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis sidik ragam pada taraf 5% dan apabila diperoleh data yang berbeda nyata diantara masing-masing perlakuan selanjutnya diuji dengan uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada taraf 5%.

3.6.1 Pengaruh Mortalitas Hama *A. ipsilon* pada Tanaman Kentang

Perlakuan	Rata-rata persentase mortalitas ulat tanah pada 5 hari setelah aplikasi (%)							
	26	33	40	47	54	61	68	75
A	0 a	0,00 b	0,00 b	22,57 b	18,14 abc	6,82 abc	11,61 bc	21,84 a
B	0 a	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 c	3,87bc	5,64 c	0,00 b
C	0 a	0,00 b	18,14 b	25,71 abc	9,51 bc	9,51 abc	15,14 abc	14,44 ab
D	0 a	0,00 b	9,51 b	16,20 bc	23,77 ab	24,83 a	10,57 bc	9,51 ab
E	0 a	16,20 a	38,65 a	37,45 a	33,69 a	11,54 abc	29,43 a	9,51 ab
F	0 a	0,00 b	0,00 b	24,83 ab	15,14 abc	20,79 ab	22,86 ab	5,64 ab
G	0 a	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 b

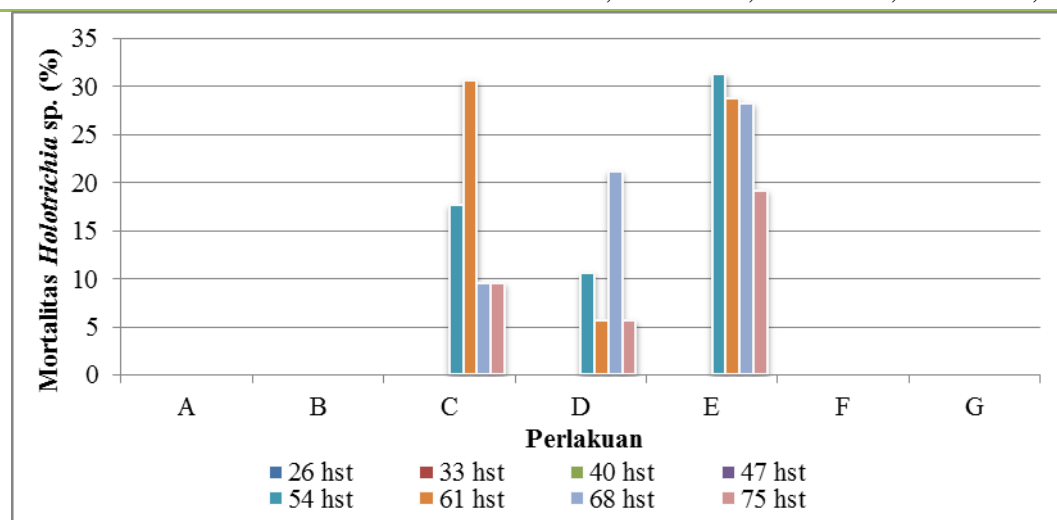


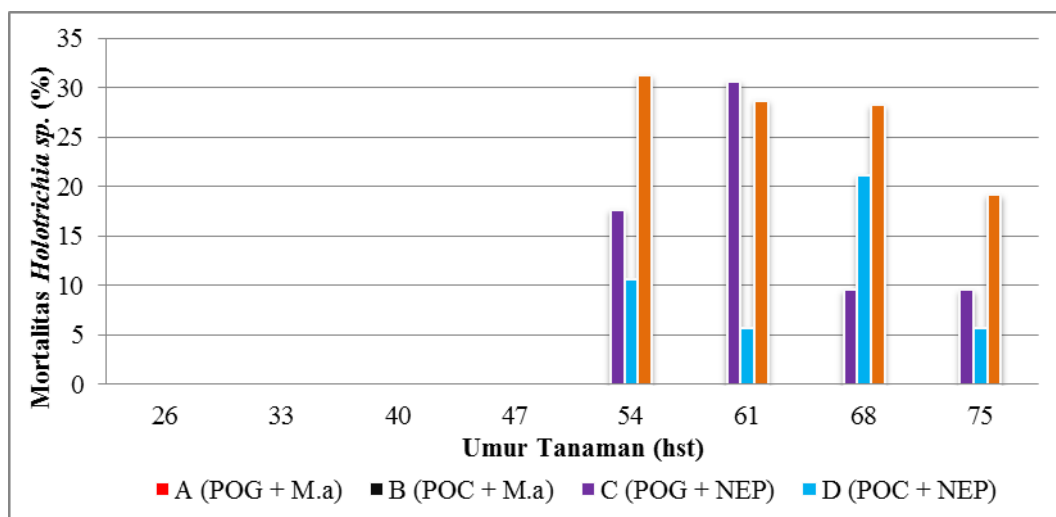
Gambar 7. Rata-rata mortalitas hama tanah *A. ipsilon* pada tanaman kentang pengamatan 5 hari setelah aplikasi APH.

Gambar 7 menunjukkan bahwa mortalitas ulat tanah tertinggi terjadi pada perlakuan E (NEP *Heterorhabditis* sp.) setelah aplikasi APH ketiga (40 hst) sebesar 38,65%. Diketahui bahwa tidak terjadi kematian terhadap ulat tanah pada pengamatan pertama semua aplikasi APH 5 hari setelah aplikasi (hsa) yaitu saat umur tanaman 26 hst. Selanjutnya pada saat tanaman berumur 27 hst dilakukan aplikasi Agen Pengendali Hayati (APH) yang kedua kali. Namun pada pengamatan 5 hsa tetap saja belum ditemukan adanya kematian terhadap ulat tanah, kecuali pada perlakuan E (NEP *Heterorhabditis* sp.) yakni mortalitas sebesar 16,20%. Pada saat aplikasi APH ketiga terdapat 3 perlakuan yang cukup efektif mengendalikan ulat tanah yaitu C (PO Granul + NEP *Heterorhabditis* sp.), D (PO Cair + NEP *Heterorhabditis* sp.), dan E (NEP *Heterorhabditis* sp.). Diketahui pada saat aplikasi ke-4 atau umur tanaman 47 hst baru terlihat efektifitas dari cendawan *M. anisopliae* yaitu pada perlakuan A (PO Granul + *M. anisopliae*) dan F (*M. anisopliae*). Tidak terjadi kematian serangga pada perlakuan kontrol (G) selama pengamatan berlangsung.

7.1.2 Pengaruh Mortalitas Hama *H. javana* pada Tanaman Kentang

Perlakuan	Rata-rata persentase mortalitas urepada 5 hari setelah aplikasi (%)							
	26	33	40	47	54	61	68	75
A	0	0	0 a	0 a	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 b
B	0	0	0 a	0 a	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 b
C	0	0	0 a	0 a	17,64 ab	30,64 a	9,51 bc	9,51 ab
D	0	0	0 a	0 a	10,57 bc	5,64 b	21,13 ab	5,64 ab
E	0	0	0 a	0 a	31,20 a	28,70 a	28,20 a	19,15 a
F	0	0	0 a	0 a	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 b
G	0	0	0 a	0 a	0,00 c	0,00 b	0,00 c	0,00 b





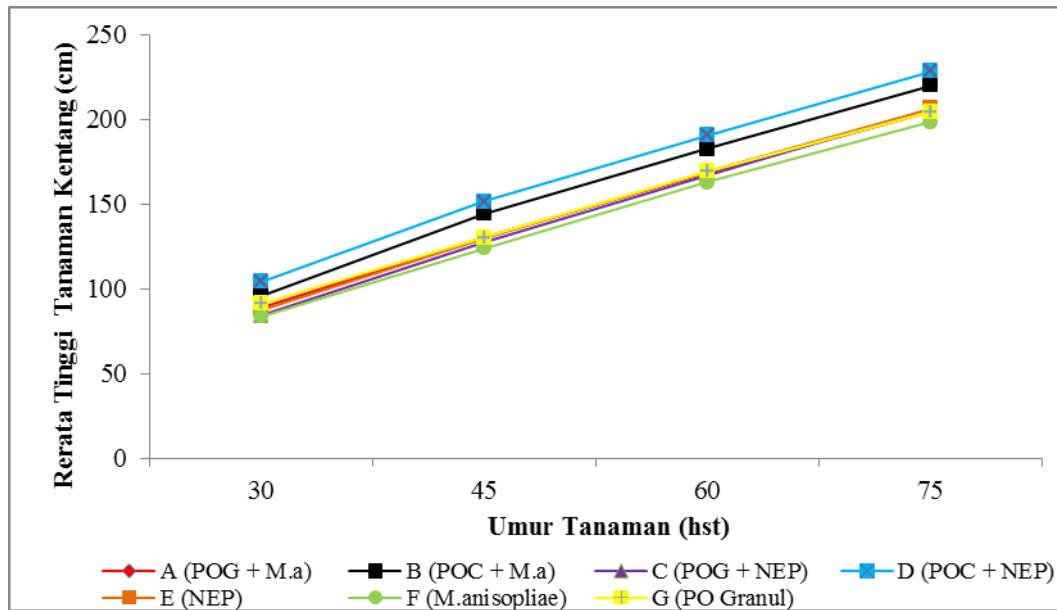
Gambar 8. Rata-rata mortalitas hama tanah *H. javana* pada tanaman kentang pada 5 hari setelah aplikasi APH.

Gambar 8 menunjukkan bahwa mortalitas hama uret tertinggi terjadi pada perlakuan E (NEP *Heterorhabditis* sp) setelah aplikasi ke-5 yakni sebesar 31,20%. Diketahui pada awal aplikasi tidak terjadi kematian terhadap uret karena belum ditemukan keberadaan uret di lapang. Hingga awal diketahui keberadaan uret yaitu pada umur tanaman 40 hst. Pada semua aplikasi APH diketahui perlakuan yang cukup efektif yaitu C (PO Granul + NEP *Heterorhabditis* sp.), D (PO Cair + NEP *Heterorhabditis* sp.), dan E (NEP *Heterorhabditis* sp.). Ketiga jenis perlakuan yang memakai NEP mampu mengendalikan larva uret yang berada dalam lapisan tanah. Berdasarkan data tersebut perlakuan yang cukup efektif terhadap uret berupa aplikasi yang memakai APH NEP *Heterorhabditis* sp. Sedangkan untuk APH cendawan *M. anisopliae* masih belum mampu mengendalikan uret bahkan sampai akhir pengamatan pada umur tanaman 75 hst. Data ini menunjukkan aplikasi APH dengan NEP lebih efektif terhadap hama uret di lapang dibandingkan dengan APH cendawan *M. anisopliae*.

7.1.3 Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kentang

Perlakuan	Umur			
	30 hst	45 hst	60 hst	75 hst
A	17,75 b	26,10 b	33,65 bc	41,00 bc
B	19,15 ab	28,90 a	36,50 ab	44,05 ab
C	16,80 b	25,45 b	33,40 c	41,30 bc
D	20,85 a	30,30 a	38,15 a	45,70 a
E	17,55 b	25,90 b	33,80 bc	41,30 bc
F	16,75 b	24,75 b	32,60 c	39,70 c

G	18,30 ab	26,10 b	33,85 bc	40,90 bc
----------	----------	---------	----------	----------

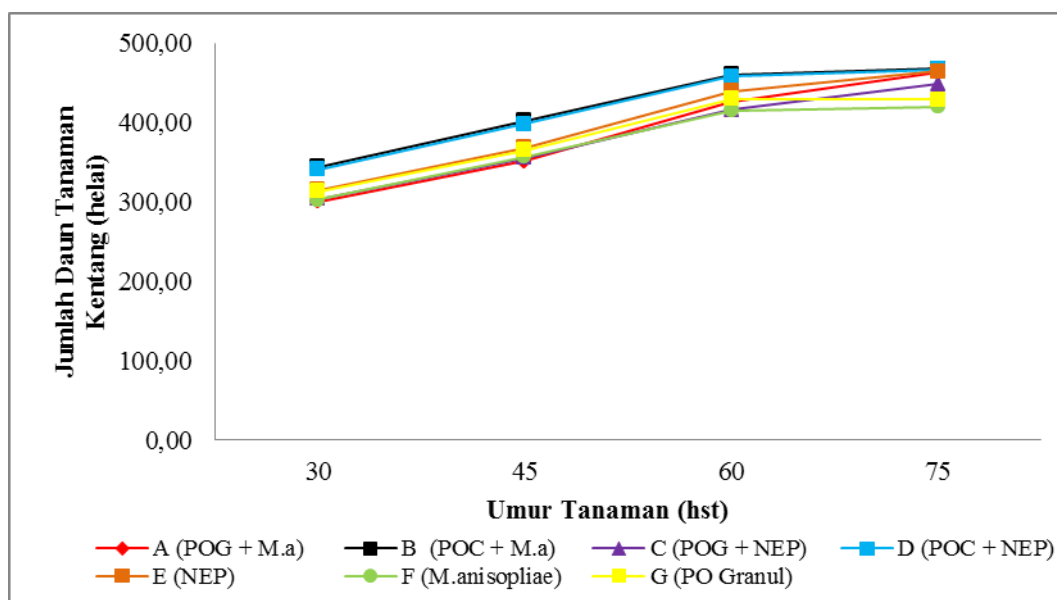


Gambar 9. Rata-rata jumlah tinggi tanaman kentang pada berbagai usia tanaman, data diperoleh dari 5 tanaman contoh.

Gambar 9 menunjukkan bahwa pada rata-rata total pertumbuhan tinggi tanaman kentang antar perlakuan terlihat berbeda nyata. Pada pertumbuhan awal tanaman dengan perlakuan D (POC + NEP) menunjukkan tanaman tertinggi secara nyata dibandingkan perlakuan lain. Perlakuan D menghasilkan tanaman tertinggi pada umur 30 hst yaitu 104,25 cm, namun hal ini masih berbeda tidak nyata dengan perlakuan B yang tingginya 95,75. tanaman tertinggi secara nyata dihasilkan oleh perlakuan B (POC + *M. anisopliae*) dan D (POC + NEP) dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan B dan D menghasilkan rata-rata tinggi tanaman terbaik pada umur tanaman 30 hst, begitu juga pada pengamatan selanjutnya tetap didominasi oleh perlakuan tersebut hingga umur tanaman 75 hst. Pengamatan tinggi tanaman pada perlakuan D (PO Cair + NEP) pada umur tanaman 75 hst yaitu tinggi 228,5 cm. Selanjutnya pada perlakuan B (PO Cair + *M. anisopliae*) yakni tinggi 220,25 cm. Selanjutnya dari perlakuan A, C, E, F, dan G menghasilkan tinggi tanaman yang tidak berbeda nyata. Tetapi dari 5 perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan B dan D.

3.6.2 Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kentang

Perlakuan	Umur			
	30 hst	45 hst	60 hst	75 hst
A	60,20 b	70,35 b	85,20 bc	92,70 a
B	68,90 a	80,55 a	92,10 a	93,65 a
C	60,80 b	71,10 b	83,25 c	89,80 ab
D	68,15 a	79,65 a	91,65 a	93,45 a
E	63,10 b	73,70 b	87,95 ab	93,05 a
F	60,65 b	71,45 b	83,05 c	84,10 b
G	62,70 b	73,10 b	85,95 bc	85,90 ab



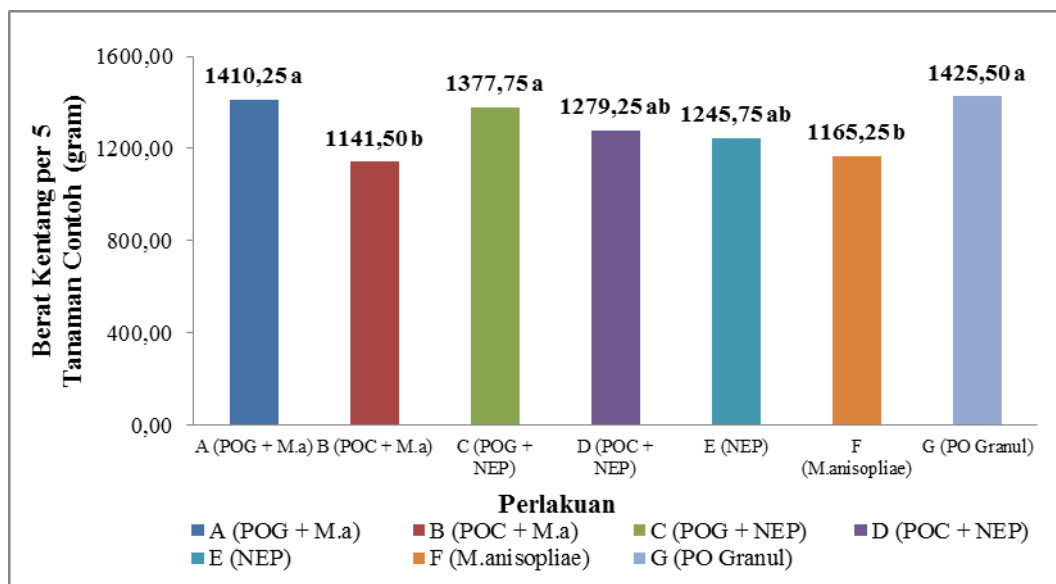
Gambar 10. Rata-rata jumlah daun tanaman kentang pada berbagai usia tanaman, data diperoleh dari 5 tanaman contoh.

Gambar 10 menunjukkan bahwa jumlah daun terbanyak diperoleh dari perlakuan B (PO Cair + *M. anisopliae*) dan D (PO Cair + NEP) pada umur tanaman 60 hst yaitu masing-masing 460,50 helai dan 458,25 helai. Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan A, C, E, F, dan G memiliki grafik yang berimpitan sehingga lebih sulit dalam pembacaan. Sejak awal pengamatan (30 hst) tanaman dengan jumlah daun terbanyak diperoleh oleh perlakuan B (PO Cair + *M.anisopliae*) dan perlakuan D (PO Cair + NEP) yaitu masing-masing sebesar 344,50 helai dan 340,75 helai. Secara umum pertumbuhan daun bertambah secara konstan sejak umur tanaman 30 hst hingga 60 hst.

Pertumbuhan dan perkembangan vegetatif tanaman pada umur 1,5 dan 2 bulan setelah tanam merupakan awal pembentukan umbi.

3.6.3 Berat Umbi Kentang Tiap 5 Tanaman Contoh

Perlakuan	Bobot		
	Per 5 tanaman contoh (g)	Per petak (g)	Potensi Per hektar (t)
A	1410,25 a	8197,00 a	11,75 a
B	1141,50 b	6243,25 c	9,51 b
C	1377,75 a	8146,75 a	11,48 a
D	1279,25 ab	6903,75 bc	10,66 ab
E	1245,75 ab	7383,00 b	10,38 ab
F	1165,25 b	6685,50 bc	9,71 b
G	1425,50 a	8310,75 a	11,88 a

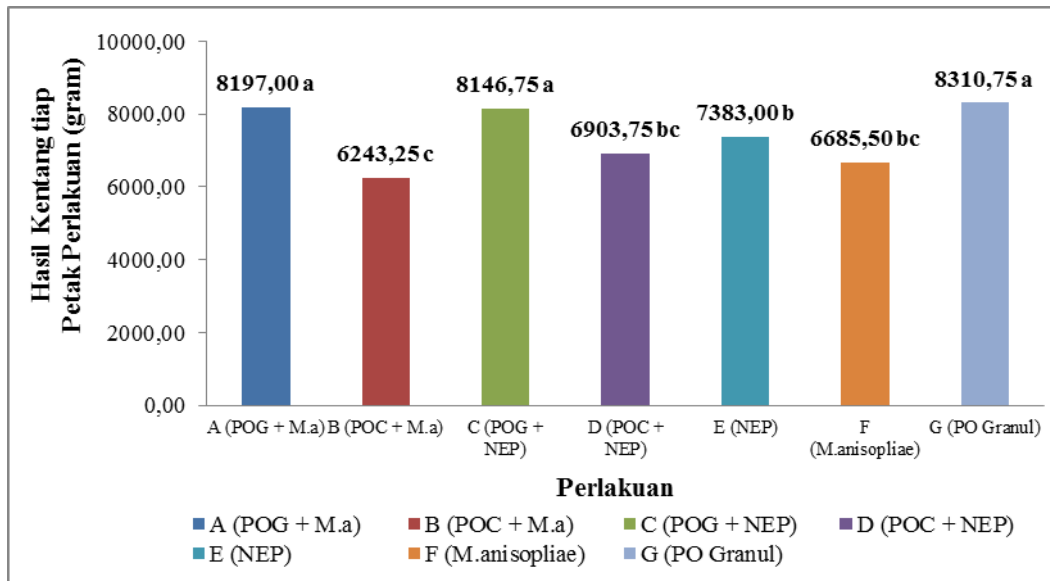


Gambar 11. Rata-rata hasil (berat) umbi kentang yang diperoleh dari 5 tanaman sampel dibandingkan antar perlakuan.

Gambar 11 menunjukkan bahwa hasil panen kentang terbaik dari 5 tanaman contoh diperoleh perlakuan G (PO Granul) dengan menghasilkan kentang sebanyak 1425,50 gram. Pada perlakuan yang sama menggunakan PO Granul lainnya ternyata perlakuan G berbeda tidak nyata dengan perlakuan A (PO Granul + *M.anisopliae*) dan C (PO Granul + NEP) yang masing-masing menghasilkan berat 1410,25 g dan 1377,75 g. Selanjutnya masih berbeda tidak nyata terhadap perlakuan D dan perlakuan E yang menghasilkan berat masing-masing 1279,25 g dan 1245,75 g. Perlakuan B (PO Cair + *M. anisopliae*) dan F (*M. anisopliae*) terjadi perberbedaan sangat nyata dengan hasil paling rendah yaitu 1141,5 g dan 1165,25 g. Pemberian input pupuk organik yang

berbeda ternyata memberikan hasil umbi kentang yang berbeda. Pemberian jenis pupuk organik granul sebagai pupuk yang dapat memberikan hasil (berat) tertinggi.

3.6.4 Berat Umbi Kentang Tiap Petak perlakuan

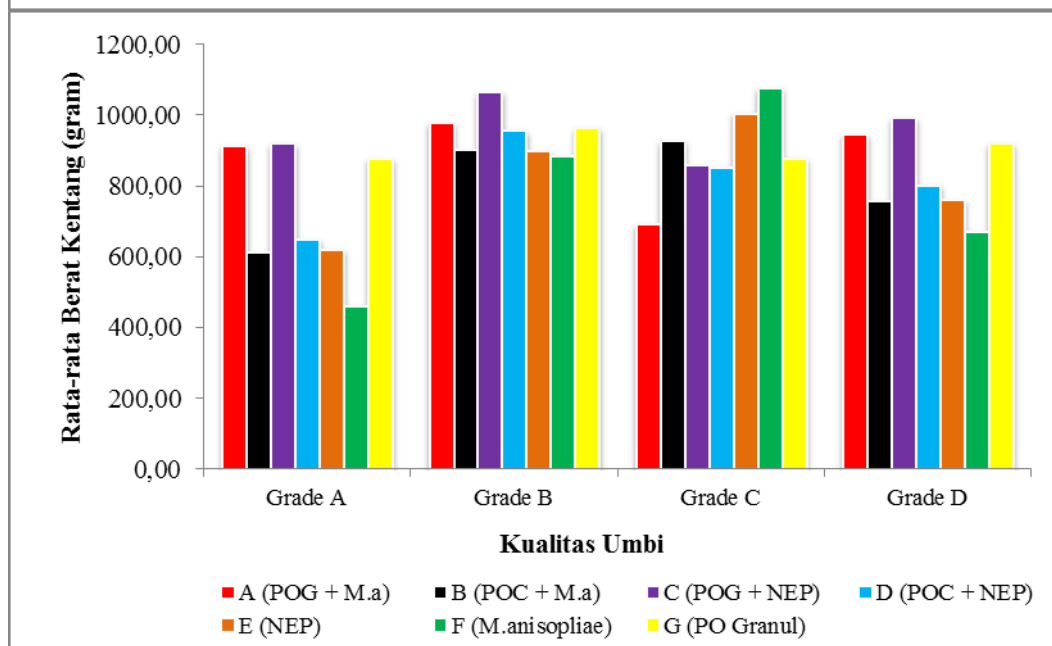
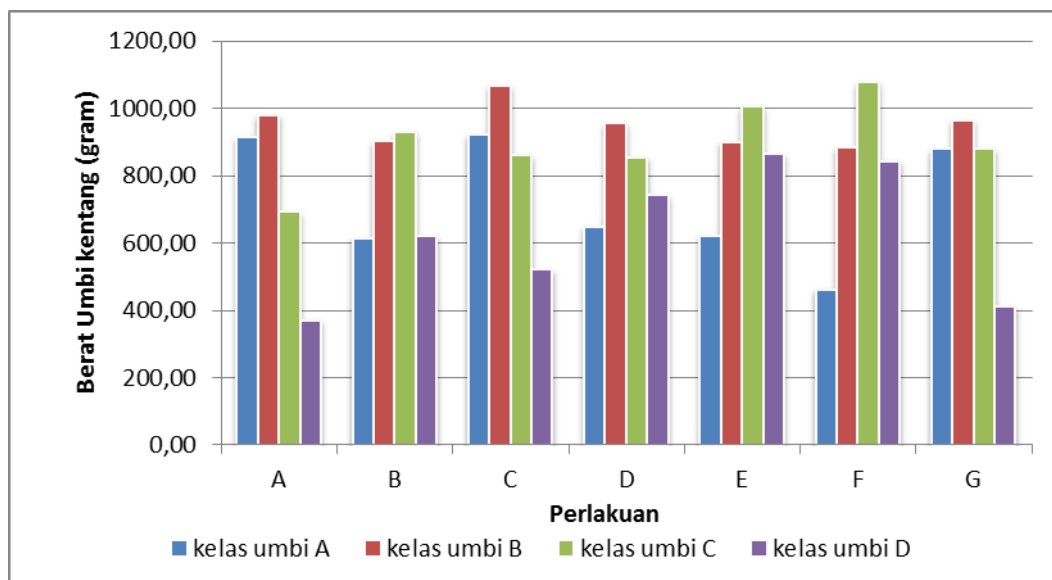


Gambar 12. Rata-rata hasil (berat) umbi kentang dari keseluruhan petak antar perlakuan.

Gambar 12 menunjukkan bahwa hasil tertinggi dari tiap petak perlakuan adalah perlakuan G (PO Granul) yaitu sebesar 8310,75 g, hasil ini berbeda tidak nyata terhadap perlakuan A (PO Granul + M.a) dan C (PO Granul + NEP) masing-masing sebesar 8197,00 g dan 8146,75 g. Selanjutnya perlakuan tersebut terdapat perbedaan yang berbeda nyata ialah perlakuan D (POC + NEP), E (NEP), dan F (M. anisopliae). Perlakuan yang menghasilkan berat paling sedikit dan berbeda nyata dengan semua perlakuan yaitu perlakuan B (POC + M.anisopliae) yang menghasilkan 6242,25 g. Hal ini serupa dengan pengamatan terhadap 5 tanaman contoh yang memberikan hasil tertinggi adalah pada tanaman yang mendapat pupuk organik granul. Pemberian input pupuk organik yang berbeda ternyata memberikan hasil yang berbeda.

3.6.5 Kualitas Umbi Kentang

Perlakuan	Grade			
	A	B	C	D
A	913,75 a	979,25 a	691,25 b	369,00 e
B	613,00 b	901,50 a	927,75 ab	620,50 bc
C	920,00 a	1066,75 a	859,00 ab	520,25 cd
D	649,00 b	956,00 a	853,75 ab	741,75 ab
E	620,75 b	898,75 a	1005,75 a	864,00 a
F	461,25 c	883,25 a	1076,25 a	843,25 a
G	878,00 a	963,50 a	879,00 ab	410,75 de



Gambar 13 Rata-rata berat kentang dikelompokkan berdasarkan kualitas (grade) dari keseluruhan petak perlakuan.

Gambar 13 menunjukkan bahwa hasil umbi pada grade a antar perlakuannya berbeda secara nyata, tanaman yang menghasilkan umbi kentang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya adalah pada perlakuan A (PO Granul + M.a), C (PO Granul + NEP), dan G (PO Granul) masing-masing sebesar 913,75 g, 920,00 g, dan 878,00 g. Kemudian hasil umbi pada grade b diketahui antara semua perlakuan berbeda tidak nyata. Selanjutnya pada hasil umbi grade c terdapat beda secara nyata, perlakuan E dan F menghasilkan umbi dengan grade c tertinggi. Namun perlakuan E dan F berbeda tidak nyata terhadap perlakuan B, C, D, dan G. perlakuan A yang menghasilkan umbi grade c paling rendah dan perlakuan tersebut berbeda secara nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Selanjutnya hasil umbi pada grade d terdapat beda secara nyata, perlakuan E dan F menghasilkan umbi grade d tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

3.7 Pembahasan

Penjelasan dari gambar 12 pada aplikasi APH pertama kalinya tidak menunjukkan kematian terhadap ulat tanah. Hal ini berdasarkan pada pengamatan 5 hari setelah aplikasi (hsa) atau saat umur tanaman 26 hst pada seluruh petak perlakuan ditemukan ulat tanah masih tetap hidup. Pada aplikasi APH yang kedua kalinya hanya pada perlakuan E (NEP H) yang terdapat gejala ulat tanah mati dengan mortalitas sedangkan pada perlakuan yang lainnya tidak terdapat gejala kematian sama sekali. Pada perlakuan yang memakai NEP pada awal pengamatan mortalitasnya tinggi namun berangsur berkurang pada aplikasi berikutnya.

Aplikasi NEP sebagai perlakuan yang tercepat dalam mengendalikan ulat tanah terlihat dari pengamatan 5 hari setelah aplikasi kedua menunjukkan gejala kematian terhadap ulat tanah. Namun pada perlakuan yang lainnya masih belum menunjukkan gejala kematian terhadap larva ulat tanah.

Dari gambar 13 dapat diketahui bahwa aplikasi APH sejak pengamatan pertama (umur tanaman 26 hst) hingga keempat (umur tanama 47 hst) tidak terdapat kematian terhadap larva uret yang ditemukan. selain itu dari pengamatan pertama dan kedua di lapang masih belum ditemukan keberadaan hama uret. Larva uret yang telah ditemukan mati hanya yang berukuran kecil (instar 1-instar 2). Sedangkan terhadap larva yang berukuran besar (instar 3-instar 4) tidak menunjukkan gejala akibat serangan NEP *Heterorhabditis* sp.

Faktor yang diduga menjadi penyebab lebih rendahnya infektifitas cendawan *M. anisopliae* adalah biologi cendawan dan biologi serangga/inang. Cendawan *M. anisopliae* yang dikenal sebagai cendawan yang berhabitat di dalam tanah (soil fungi) sehingga lebih mapan jika diaplikasikan dalam bentuk konidia dalam tanah dan akan bertahan dalam struktur bertahannya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Harjaka (2011), bahwa pada pembuatan suspensi dalam air, maka konidia segera berkecambah. Oleh karena itu, jika tidak segera terjadi kontak dengan inang maka akan tidak berkembang dan tidak infektif.

Kemampuan cendawan yang masih rendah dalam hal ini dikarenakan populasi kerapatan cendawan entomopatogen yang diaplikasikan di lapang masih rendah. Sehingga infektifitasnya juga semakin rendah pada kerapatan spora yang rendah.

Faktor internal dan eksternal dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Faktor internal tanaman yang turut menentukan hasil akhir umbi antara lain keseimbangan dan aktifitas fitohormon. Sedangkan faktor eksternal antara lain nutrisi, aerasi, temperatur, dan cahaya.

Cendawan *M. anisopliae* mampu menginfeksi dan menyebabkan mortalitas terhadap larva Ulat Tanah (*A. ipsilon*). Stadium larva yang terinfeksi oleh cendawan *M. anisopliae* akan menunjukkan gejala mati kaku seperti mumi selanjutnya pada permukaan kutikula akan berkembang miselium berwarna putih. Setelah beberapa waktu akan terjadi perubahan warna dari putih menjadi hijau gelap. Gejala tersebut merupakan gejala yang khas oleh infeksi cendawan *M. anisopliae* yang sering disebut sebagai green muscardine (Butt *et al* 2001 dalam Harjaka.....

Pada perlakuan B berupa cendawan *M. anisopliae* yang dicampurkan bersama pupuk organik cair dan diaplikasikan dalam bentuk campuran dalam air. Diketahui bahwa perlakuan B (PO Cair + *M. anisopliae*) memiliki efektifitas yang rendah dalam membunuh hama ulat tanah maupun uret yang ada di dalam tanah. Aplikasi cendawan dalam bentuk cair akan menurunkan kemampuan cendawan menginfeksi tubuh serangga (inang).

Pada gambar 12 dan 13 diketahui bahwa Perlakuan pemupukan berpengaruh terhadap bobot umbi kentang varietas Granola. Pemberian jenis pupuk yang berbeda jenis juga akan mempengaruhi perbedaan bobot umbi kentang yang dihasilkan. Hal ini menandakan bahwa kentang varietas granola memiliki respons terhadap pemupukan. Tanaman kentang yang dipupuk dengan pupuk organik granul (terdapat pada perlakuan A, C, dan G) menghasilkan bobot umbi lebih baik dari pada perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan dengan pemberian pupuk organik Granul sebagai pemupukan yang cukup untuk menghasilkan bobot umbi terbaik untuk varietas Granola.

Perlakuan B dan D yang memakai pupuk organik cair dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman kentang. terbukti bahwa sejak awal hingga akhir pengamatan tinggi tanaman masih mendominasi sebagai perlakuan terbaik. Pada perlakuan B dan D bisa dipengaruhi faktor internal berupa bibit kentang yang ditanam memang memiliki kualitas yang baik, sehingga sejak awal pengamatan hingga akhir pengamatan masih bertahan sebagai pertumbuhan tinggi tanaman terbaik

3.8 Mendirikan Pabrik Biopestisida berbahan aktif nematoda entomopatogen isolat lokal di Jember, Jatim

Pabrik biopestisida berbahan aktif Nematoda entomopatogen didirikan dengan langkah langkah sebagai berikut:

- (a) Telah mendaftarkan secara legal CV. Pengelola Biopestisida berbahan aktif Nematoda entomopatogen (NEP), terlampir
- (b) Telah mendaftarkan Merk Biopetisida, form pengurusan terlampir
- (c) Telah memproduksi secara massal dan memformulasikan yang efektif dan efisien yang layak dikomersielkan,
- (d) Telah mengkomersielkan Biopestisida berbahan aktif Nematoda entomopatogen

3.9 Pelatihan Petani Produksi Massal dan Formulasi Nematoda entomopatogen secara sederhana di 3 Sentra Produksi Hortikultura di Jatim

Pada tahun ketiga untuk menopang ketersediaan agens hayati Nematoda entomopatogen sangat perlu sekali melatih petani hortikultura di 3 (tiga) sentra produksi Hortikultura supaya petani bisa memproduksi sendiri agensia hayati dan biofertilizer dengan teknik produksi massal secara *in vivo* dan *in vitro* dalam media padat yang sederhana. Paket Teknologi tepat guna (TTG) yang dihasilkan dalam penelitian MP3EI ini dapat meningkatkan kesejahteraan dan ekonomi petani hortikultura dan masyarakat serta meningkatkan produktivitas dan kualitas hortikultura organik di Indonesia untuk menopang Masterplan Pangan Organik Nasional. Jumlah petani yang dilatih 75 orang setiap sentra produksi total di 3 (tiga) sentra produksi sejumlah 225 orang akan menguasai produksi massal dan formulasi agens hayati nematoda dan jamur entomopatogen.

BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian MP3EI tahun ketiga telah terlaksana sampai pada tahap 100% dapat diuraikan beberapa kesimpulan yaitu: (1) Hasil pengembangan teknik produksi massal bioinsektisida berbahan aktif nematoda entomopatogen (NEP) *in vitro* dalam media padat (*solid culture*) dari ketiga media yang menghasilkan produksi IJ yang optimal yaitu M1T2K4, M2T1K5 dan M3T1K5, media yang menghasilkan biaya termurah dan memberikan hasil IJ yang besar adalah media menggunakan tepung kedelai sebagai bahan dasar, yaitu 118/10⁶ IJ. Besarnya biaya produksi dapat dikatakan tidak stabil, karena faktor pasar sangat menentukan fluktuasi harga yang juga mempengaruhi bahan baku bagi produksi massal *Steinernema sp.*, (2) Hasil pengembangan teknik formulasi dan penyimpanan bioinsektisida berbahan aktif nematoda entomopatogen (NEP) dalam media tepung, granuler, dan cair dengan hasil Formulasi dalam perbandingan bahan dasar zeolit 75% : Chitosan 25% menunjukkan komposisi perbandingan formulasi agen hayati yang paling baik di bandingkan dengan komposisi formulasi agen hayati dengan bahan dasar zeolit 50% : chitosan 50%, zeolit 50% : talk 50% dan zeolit 75% : talk 25%.

4.2 Saran

Penelitian MP3EI Koridor Ekonomi Jawa yang didanai DP2M, DIKTI rencana tahun pelaksanaan selama 3 tahun yaitu 2013 – 2015, merupakan langkah maju dalam rangka meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat, khususnya petani hortikultura organik yang masih sangat kurang di Indonesia, untuk itu penelitian MP3EI ini sebaiknya dilanjutkan pada tahun ke tiga pada tahun 2015 sehingga bisa meningkatkan perekonomian masyarakat secara langsung dan pertanian hortikultura Organik di Jawa Timur bisa terwujud dengan membentuk Sentra Hortikultura Organik di Jatim untuk menompang Masterplan Pangan Organik Nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbot, W. S. 1925. Methode of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* **18**, 265 – 267.
- Bedding, R. A. 1984. Large scale production, storage and transport of the insect parasitic nematoda *Neoaplectana* sp. And *Heterorhabditis* sp. **Ann. Appr. Biol.** **104**: 117-120.
- Bismark, M. 2011. *Prosedur Operasi Standar (SOP) untuk Survei Keragaman Jenis pada Kawasan Konservasi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Borror, Donald J., Triplehorn, Charles A., dan Johnson, Norman F. 1992. *Pengenalan Pelajaran Serangga*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Djojokusumarto, P. 2008. *Pestisida dan Aplikasinya*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Ehler, 1996. Current and future of use nematodes in biocontrol: Practice and commercial aspects in regard to regulatory policies. *Bio. Sci. Technol.* **6**, 303-316.
- Erawati, N. V., dan Kahono, S. 2010. Keanekaragaman dan Kelimpahan Belalang dan Kerabatnya (Orthoptera) pada Dua Ekosistem Pegunungan di Taman Nasional Gunung Halimun-Salak. *J. Entomol. Indon* **7** (2): 100-115.
- Finney, D. J. 1971. *Probit Analysis*. 3rd ed. Cambridge University Press. Cambridge. England.
- Flint, M.L. and R van den Bosch. 1990. Pengendalian Hama Terpadu. Penerjemah Kartini Indah K. dan John Priyadi. Kanisius. Yogyakarta.
- Gaugler, R., Y. Wang, and J. F. Campbell, 1993, Aggressive and evasive behaviors in *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae: defenses against entomopathogenic nematode attack, *J. Invertebr. Pathol.* **64**, 193-199.
- Kaya, H. K. And R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. **Annu. Rev. Entomol.** **38**: 181-206.
- Poinar, G. Jr. 1971. **Nematodes for Biological Control of Insect**. CRC Pre. Boca Raton. FL.
- Price, P.W., 1997. *Insect Ecology*. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Roversti, L. And K. V. Deseo. 1990. Compatibility of chemical pesticides with the entomopathogenic nematodes *Steinernema carpocapsae* Weisser and *S. feltiae* Filipjev. **J. Nematol.** **36**: 237-245.
- Riyanto, Herlinda, S., Irsan, C., Umayah, A. 2011. Kelimpahan dan Keanekaragaman Spesies Serangga Predator dan Parasitoid *Aphis gossypii* di Sumatera Selatan. *J. HPT Tropika* **11** (1): 57-68.
- Soegiarto, A. 1994. *Metode Analisis Populasi dan Komunitas, Ekologi Kuantitatif*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Setyobudi, B., dan Wagiyana, 2008. Metode dan Formula Untuk Menghasilkan Biopestisida Berbentuk Granuler dari Bahan Vertisol, Zeolit dan *Steinernema* sp. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Lembaga Penelitian Universitas Jember.
- Sulistyanto, D.** And R. U. Ehlers. 1996. Efficacy of the entomopathogenic nematodes *H. Megidis* and *H. Bacteriophora* for the control of grubs (*P. Horticola* and *A. Contaminatus*) in Golf Cours Turf. **Bio Control Sci. Tech.** **6**: 247-250.
- Sulistyanto, D.** 1997. Nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp.: Prospeknya sebagai Agensia Pengendalian Hayati

- Serangga Hama Tumbuhan. Majalah Ilmiah Pembangunan UPN Veteran - Jatim. Vol. VII (16), pp.II: 13-22.
- Sulistyanto, D.** Dan Wagiyana, 2013. Produksi massal bioinsektisida Nematoda Entomopataogen *Heterorhabditis* spp dan *Steinernema* spp isolat lokal sebagai agens pengendali hayati hama *Lepidiotia stigma* pada tanaman kopi dan tebu. Laporan Penelitian Lembaga Penelitian Universitas Jember.
- Sulistyanto, D.** dan Zahroin, E., 1999. Pathogenicity of Bacteri complex of entomopathogenic Nematodes, *Steinernema carpocapsae*- *Xenorhabdus nematophilus* (All strain) as biocontrol of main pests Indonesian Cabbage crops, *Spodoptera litura* L. (Lepidoptera: Noctuidae). Thesis.
- Sulistyanto, D.** dan Syai'dah, Z. 1999. Pathogenicity of entomopathogenic Nematodes, *Steinernema carpocapsae* (All strain) as biocontrol of main pests Indonesian Tobacco Plantation, *Helicoverpa sp.* L. (Lepidoptera: Noctuidae). Thesis.
- Sulistyanto, D.** dan Harahap, M. 2000. Characteristic Morphology, Physiology Bacteria symbiotic Entomopathogenic Nematodes local isolates as biocontrol of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Pyrrillidae).
- Sulistyanto, D.** 2003. Field Efficacy of entomopathogenic nematodes and *B. thuringiensis* for the Biological Control of DBM, *P. xylostella* and *Crociodomia binotalis* in Indonesian Cabbage Crop. Abstract of IOBC/WPRS European Meeting, Salzau, Kiel, Germany, May, 23-29, 99 pp.
- Susniahti, N., Sumeno, H., dan Sudarjad. 2005. *Bahan Ajar Ilmu Hama Tumbuhan*. Fakultas Pertanian-Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Sulistyanto, D.** 2010. Mass Production and Commercial Application of Entomopathogenic *Heterorhabditis* and *Steinernema*. Proceeding of International Seminar on The Role of Indonesian Students in the Scientific Development in Indonesia, Eastin Hotel, Bangkok, Thailand. 24-25 September 2010. ISBN. 978-616-90749-0-8. pp. 64-70.
- Sulistyanto, D.** 2011. Prospect of The Entomopathogenic Nematodes As Biological Control for The Future in ASEAN countries., Proceedings of International Seminar on Green Technology, Social Work, and Public Health for the Development of Indonesia. Ramada Hotel, Bangkok, Thailand. 28-29 October 2011. ISBN. 978-616-90749-1-5. pp.2-13.
- Untung, K. 1993. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta