

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



**POTENSI JAMUR *Paecilomyces* ISOLAT LOKAL SUMATERA BARAT
UNTUK PENGENDALIAN NEMATODA BENGGAK AKAR (*Meloidogyne*
spp.) PADA TANAMAN SAYURAN**

TAHUN KE 2 DARI RENCANA 2 TAHUN

TIM PENELITI

**Ir. Winarto, MS. (Ketua, NIDN: 0010056009)
Dr. Ir. Darnetty, MSc. (Anggota, NIDN 0022025809)
Ir. Yenny liswarni, MP. (Anggota, NIDN: 0024016305)**

**Dibiayai oleh:
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Sesuai dengan Kontrak Penelitian
Nomor: 050/SP2H/LT/DRPM/2018
Tahun Anggaran 2018**

**UNIVERSITAS ANDALAS
OKTOBER 2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Potensi Jamur *Paecllomyces* Isolat Lokal Sumatera Barat untuk Pengendalian Nematoda bengkak Akar (*Meloidogyne* spp.) pada Tanaman Sayuran

Peneliti/Pelaksana
 Nama Lengkap : Ir. WINARTO, MS.
 Perguruan Tinggi : Universitas Andalas
 NIDN : 0010056009
 Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 Program Studi : Proteksi Tanaman
 Nomor HP : 081363373344
 Alamat surel (e-mail) : winarto@agr.unand.ac.id

Anggota (1)
 Nama Lengkap : Dr. Ir. DARNETTY, MSc.
 NIDN : 0022025809
 Perguruan Tinggi : Universitas Andalas

Anggota (2)
 Nama Lengkap : Ir. YENNI LISWARNI, MP.
 NIDN : 0024016305
 Perguruan Tinggi : Universitas Andalas

Institusi Mitra (jika ada)
 Nama Institusi Mitra : -
 Alamat : -
 Penanggung Jawab : -
 Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun
 Biaya Tahun Berjalan : Rp 100.000.000
 Biaya Keseluruhan : Rp 205.000.000

Mengetahui,
 Dekan Fk. Pertanian, Unand



(Dr. Ir. Munzir Busniah, MSi.)
 NIP/NIK 195312161980031004

Kota Padang, 11 - 11 - 2018
 Ketua,



(Ir. WINARTO, MS.)
 NIP/NIK 196005101987021002

Menyetujui,
 Ketua LPPM



(Dr. Ing. Uyung Gatot S. Dinata, MT.)
 NIP/NIK 196607091992031003

RINGKASAN

Jamur *Paecilomyces* merupakan jamur antagonis yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bionematisida untuk pengendalian Nematoda Bengkak Akar (*Meloidogyne* spp.) . Jamur *Paecilomyces* mempunyai aktivitas antagonistik sebagaiparasit telur, larva maupun dewasa dari nematoda. Pemanfaatan isolat lokal sangat potensial digunakan untuk pengendalian nematoda parasit khususnya Nematoda Bengk Akar.Kondisi lingkungan asal jamur antagonis berpengaruh terhadap kemampuan atau patogenisitas dari masing-masing isolat jamur. Untuk mendapatkan jamur *Paecilomyces* sebagai bionematisida yang unggul untuk mengendalikan nematoda bengkak perlu koleksi isolat dari berbagai daerah asal dengan kondisi lingkungan yang berbeda. Target khusus penelitian tahun II adalah mendapatkan bahan organik yang cocok dan waktu yang tepat untuk aplikasi jamur *Paecilomyces* di lapangan . Hasil yang sudah didapatkan menunjukkan bahwa bahan organik yang cocok adalah dedak beras sedangkan pengujian waktu aplikasi terbaik adalah 14 hari sebelum tanam.

I. PENDAHULUAN

Salahsatu kendala dalam peningkatan produksi tanaman sayuran khususnya tanaman tomat adalah nematoda parasit tanaman. Diantara nematoda parasit yang paling penting adalah Nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.) . Nematoda bengkak akar merupakan parasit tanaman yang menjadi hambatan dalam peningkatan produksi tanaman. Nematoda bengkak akar dapat menyerang lebih dari 2000 spesies tanaman budidaya baik tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan maupun tanaman hias dengan tingkat serangan yang berbeda-beda. Menurut Wisnuwardana dan Hadisoeganda (1984), penyakit bengkak akar yang disebabkan nematoda bengkak akar merupakan salahsatu hambatan produksi tanaman terutama sayuran di Indonesia dan penyakit ini sudah menyebar di seluruh areal pertanaman sayuran. Banyaknya tanaman inang, penyebarannya yang luas dan siklus hidupnya sebagian di tanah dan juga di dalam akar menyulitkan dalam pengendalian.

Pengendalian nematoda parasit tanaman umumnya masih dilakukan dengan menggunakan pestisida berupa insektisida yang sekaligus bisa digunakan sebagai nematisida. Penggunaan bahan kimia secara terus menerus dalam pengendalian nematoda dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, resurgensi karena matinya musuh alami dan resistensi nematoda terhadap bahan kimia. Untuk menghindari dampak tersebut maka konsep pengendalian hama terpadu (PHT) merupakan alternatif yang tepat, karena PHT bertujuan membatasi penggunaan pestisida seminimal mungkin tetapi sasaran kualitas dan kuantitas produksi pertanian masih dapat dicapai.

Pengurangan penggunaan pestisida sekaligus akan mengurangi residu pestisida sehingga produk yang dihasilkan bisa lebih kompetitif di pasar. Dalam PHT pemberdayaan musuh alami dan potensi biologi lainnya merupakan komponen utama, karena musuh alami mempunyai peranan yang penting dalam penekanan populasi hama dan menjaga keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu musuh alami yang sudah ada pada ekosistem setempat perlu dijaga kelestariannya dan upaya meningkatkan peranannya dalam pengendalian nematoda perlu dilakukan.

Nematoda bengkak akar mempunyai banyak musuh alami, di antara musuh-musuh alami yang potensial yang dapat digunakan untuk pengendalian nematoda bengkak akar adalah jamur antagonis, salahsatunya adalah *Paecilomyces* yang dapat mengendalikan nematoda dengan cara sebagai parasit telur, larva maupun dewasa. Pemanfaatan jamur antagonis untuk pengendalian nematoda parasit khususnya nematoda bengkak akar merupakan pilihan teknologi yang tepat untuk dikembangkan. Hal ini disebabkan karena jamur antagonis merupakan organisme yang sudah tersedia secara alami di alam dan mempunyai habitat yang sama dengan nematoda parasit tanaman, tidak berbahaya terhadap lingkungan, mudah diperbanyak pada media buatan dengan biaya yang murah, mudah diaplikasikan ,akan berkembang secara alami dan mampu bertahan karena apabila tidak ada inang nematoda maka akan bersifat saprofit dalam tanah.

Hasil survei di beberapa sentra produksi tanaman sayuran di Sumatera Barat yaitu Kabupaten Solok, Agam dan Tanah Datar, ternyata penyakit bengkak akar yang disebabkan oleh nematoda *Meloidogyne* spp. sudah menyebar dan menurunkan produksi. Hasil wawancara dengan petani menunjukkan bahwa penyakit bengkak akar sudah menurunkan produksi sekitar 40-50%.

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan isolat lokal jamur *Paecilomyces* yang mempunyai patogenesis tinggi dalam mengendalikan nematoda bengkak akar , mampu berkembangbiak secara maksimal serta bertahan dalam penyimpanan atau dalam tanah sehingga aktivitasnya akan meningkat, dapat dengan mudah diaplikasikan, dikembangkan dan terjaga daya antagonistiknya terhadap nematoda parasit tanaman khususnya nematoda bengkak akar, dengan demikian akan didapat suatu teknologi yang tepat yang berbasiskan dasar jamur *Paecilomyces* untuk pengendalian nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.) .

Pemanfaatan jamur antagonis seperti *Paecilomyces* untuk pengendalian nematoda parasit tanaman khususnya nematoda bengkak akar merupakan alternatif yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia karena sumber isolat mudah didapat, keragaman jenisnya banyak, perbanyakannya mudah dilakukan pada bahan yang murah dan aplikasinya di lapangan bisa bersamaan dengan pemberian kompos atau pupuk kandang dan mampu bertahan di dalam tanah sebagai saprofit.

Penelitian mengenai potensi pemanfaatan jamur antagonis terhadap nematoda terutama yang berasal dari isolat lokal Sumatera Barat untuk pengendalian nematoda bengkak akar belum banyak dilakukan. Penelitian sudah dilakukan untuk mendapatkan jamur antagonis terhadap nematoda bengkak akar yang berasal dari Sumatera Barat. Hasil penelitian Winarto, Trizelia dan Liswarni (2013) mendapatkan bahwa jamur *Paecilomyces* mempunyai kemampuan antagonistik yang paling tinggi terhadap nematoda bengkak akar dibandingkan dengan *Fusarium*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Chaetomium* dan *Aspergillus*.

Isolat *Paecilomyces* yang diisolasi dari daerah dengan kondisi lingkungan berbeda, mempunyai patogenitas yang berbeda. Hal ini akan mempengaruhi efektivitasnya dalam mengendalikan nematoda bengkak akar. Isolat *Paecilomyces* yang berbeda memiliki keragaman genetik berbeda yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan dimana ia tumbuh, dalam jangka waktu yang lama. Kondisi genetik mempengaruhi kondisi fisiologis jamur, diantaranya aktivitas metabolisme dan sekresi enzim, sehingga isolat yang berbeda daerah asalnya mempunyai patogenitas yang berbeda.

Salah satu faktor yang penting dalam menunjang keberhasilan pengendalian hayati nematoda bengkak akar dengan menggunakan jamur sangat ditentukan oleh kemampuan berkembangbiak, adaptasi dan juga kemampuan bertahan jamur di lapangan. Kemampuan berkembangbiak dan bertahan suatu jamur juga ditentukan antara lain oleh adanya media yang cocok untuk perkembangbiakan dan faktor lingkungan. Selain itu waktu aplikasi juga menentukan tingkat keberhasilan dalam menekan organisme target. Untuk itu perlu dikaji bagaimana reproduksinya di lapangan setelah aplikasi, daya patogenitasnya, dan sekaligus uji aplikasi jamur di lapangan untuk mengetahui isolat jamur yang unggul. Isolat yang mampu berkembang cepat dan mempunyai daya adaptasi dan daya tahan dalam tanah yang baik akan mampu menekan perkembangbiakan nematoda bengkak akar dalam tanah. Penelitian

ini sesuai dengan Rencana Induk Penelitian Universitas Andalas dalam bidang Pertanian dan Peternakan dimensi Ketahanan pangan difokuskan dalam Pengelolaan Hama dan Penyakit Tanaman. Penelitian ini diharapkan menghasilkan suatu teknologi pengelolaan hama dan penyakit dengan bahan dasar lokal sehingga dapat meningkatkan produksi tanaman sayuran di Sumatera Barat. Rencana Target Capaian Tahunan penelitian ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rencana Target Capaian Tahunan

| No. | Jenis Luaran | | Indikator Capaian | |
|-----|---|--|-------------------|-----------|
| | | | TS | TS+1 |
| 1 | Publikasi Ilmiah | Internasional | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Nasional terakreditasi | Draf | Submitted |
| 2 | Pemakalah dalam temu ilmiah | Internasional | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Nasional | Draf | Terdaftar |
| 3 | <i>Inivited speaker</i> dalam temu ilmiah | Internasional | Tidak | Tidak ada |
| | | Nasional | Tidak ada | Tidak ada |
| 4 | <i>Visiting Lecturer</i> | International | Tidak ada | Tidak ada |
| 5 | Hak Kekayaan Intelektual | Paten | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Paten sederhana | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Hak cipta | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Merek dagang | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Rahasia dagang | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Design produk industri | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Indikasi geografis | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Perlindungan varietas tanaman | Tidak ada | Tidak ada |
| 6 | Teknologi tepat guna | Perlindungan topografi sirkuit terpadu | Tidak ada | Tidak ada |
| | | | Tidak ada | Tidak ada |
| 7 | Model/Purwarupa/Disain/Karya seni/rekayasa sosial | | Tidak ada | Tidak ada |
| 8 | Buku ajar (ISBN) | | Draft | Draft |
| 9 | Tingkat kesiapan teknologi | | Skala 1 | Skala 2 |
| | | | | |

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pengendalian nematoda bengkak akar masih menemui beberapa kendala sehingga kurang berhasil . Beberapa kendala tersebut antara lain adalah nematoda bengkak akar mempunyai penyebaran yang luas di seluruh areal pertanaman dengan aktif bergerak dalam tanah, bersifat polifag sehingga hampir seluruh tanaman budidaya merupakan inang. Sehingga program rotasi tanaman kurang berhasil menurunkan populasi nematoda dalam tanah dan juga dapat bertahan dalam kondisi yang kurang baik karena telur berada dalam masa telur berupa gelatin. Usaha menciptakan tanaman tahan terhadap nematoda belum banyak dilakukan dan secara alami tidak banyak tanaman yang tahan terhadap nematoda. Penggunaan bahan kimia kurang efisien dan membutuhkan biaya yang mahal karena keberadaan nematoda dalam tanah dengan penyebaran yang luas maka aplikasi bahan kimia ke dalam tanah membutuhkan jumlah yang besar. Pengetahuan petani terhadap nematoda masih rendah sehingga kerusakan tanaman akibat nematoda dianggap masih biasa karena tanaman yang terserang nematoda bengkak akar jarang mengalami kematian (Winarto, 1991).

Berdasarkan adanya beberapa kendala dalam pengendalian seperti tersebut di atas maka perlu dicari cara yang lebih efektif dengan biaya murah, mudah dikembangkan dan dapat berkembang dengan sendirinya di alam dan ramah lingkungan. Salahsatu cara tersebut adalah pengendalian hayati terhadap nematoda yaitu pengendalian dengan memanfaatkan musuh alami jamur antagonis baik bersifat parasit dan predator maupun patogen terhadap nematoda bengkak akar. Menurut Mustika dan Ahmad (2004) salahsatu musuh alami yang potensial adalah jamur yang termasuk kelompok antagonis yaitu jamur nematofagus , yang merupakan alternatif pilihan yang lebih baik dibandingkan dengan cara konvensional seperti penggunaan bahan kimia maupun cara yang lain. Jamur nematofagus meliputi jamur parasit telur, larva maupun nematoda dewasa dan juga jamur predator terhadap nematoda. Jamur nematofagus merupakan penghuni tanah yang umum terdapat pada berbagai habitat dan jenis tanah serta dapat ditemukan pada daerah tropis dan subtropis. Jamur nematofagus juga merupakan jamur tanah yang dapat bersifat saprofit baik pada bahan organik di lahan pertanian maupun pada sampah dan kotoran ternak. Menurut Elshafie *et al.* (2006), ada sekitar 70 genus dan 160 spesies jamur antagonis dalam tanah yang dapat menyerang dan makan pada larva maupun telur nematoda. Tingkat penyebaran

maupun keragaman spesies pada suatu daerah berbeda-beda dipengaruhi oleh jenis tanaman, jenis nematoda parasit dan faktor fisik lingkungan.

Mekanisme antagonistik terhadap nematoda dapat beberapa macam antara lain sebagai parasit, penghasil senyawa kimia yang mematikan nematoda, sebagai pemangsa nematoda dan dapat mengkoloni akar sehingga nematoda tidak mau menginfeksi. Sifat antagonistik cendawan bisa terhadap telur, larva maupun nematoda dewasa. Kelangsungan hidup di alam lebih terjaga karena selain bersifat antagonis terhadap nematoda maka apabila tidak ada nematoda maka bisa bersifat saprofit di dalam tanah. Mengingat tingginya biaya pemakaian nematisida, residu yang kurang baik terhadap lingkungan dan tanaman, siklus hidup nematoda bengkak akar yang sebagian berada di dalam tanah dan sebagian berada di dalam akar sehingga menggunakan bahan kurang efektif maka perlu dikaji pemakaian jamur antagonis sebagai alternatif pengendalian nematoda parasit tanaman khususnya nematoda sista kentang. Identifikasi jenis cendawan yang unggul yang berasal dari beberapa daerah dan juga keragamannya perlu dilakukan karena suatu jenis spesies jamur yang sama tetapi berasal dari kondisi lingkungan yang berbeda kemungkinan mempunyai kemampuan antagonistik yang berbeda.

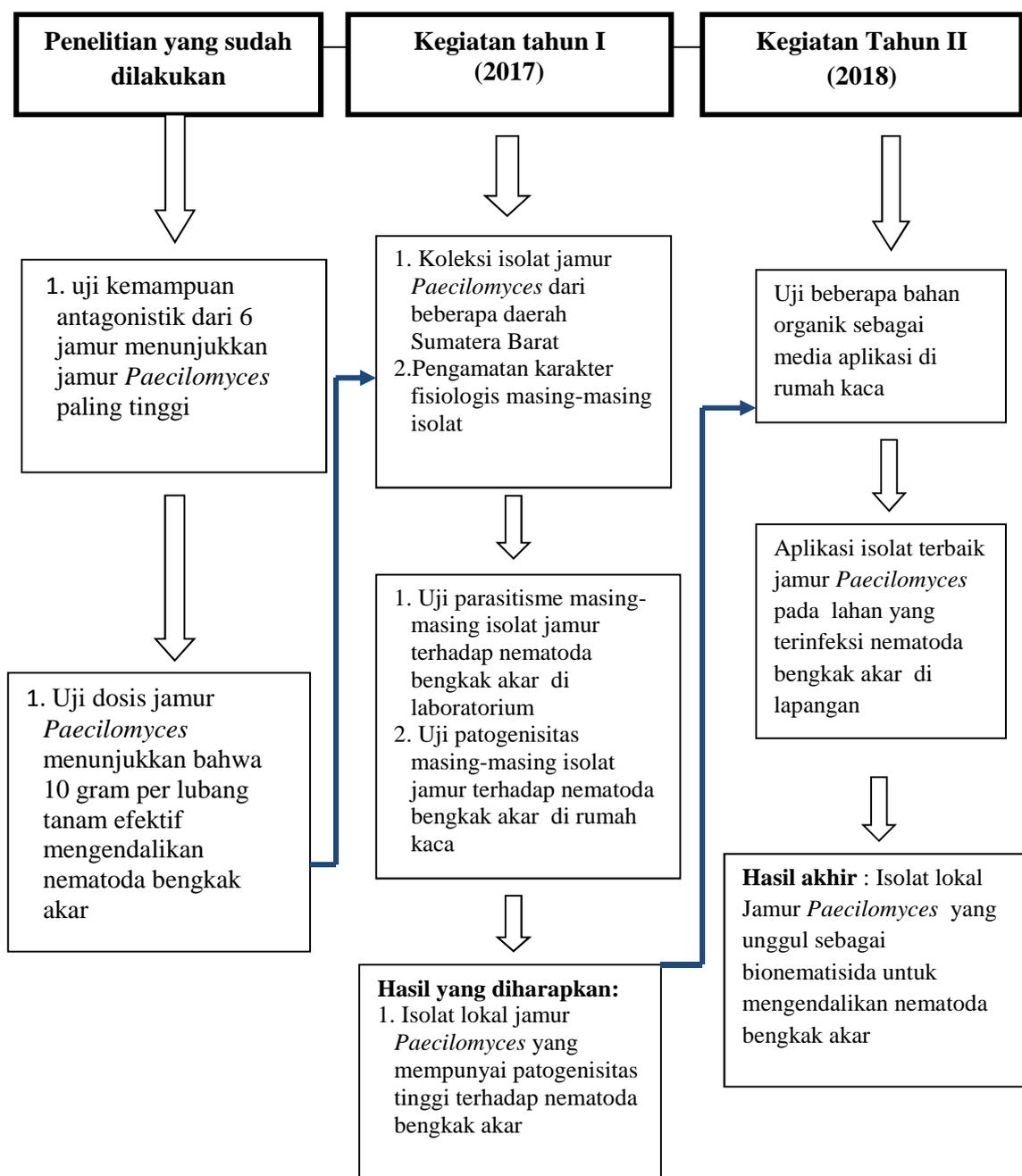
Jamur antagonis merupakan jamur penghuni tanah yang dapat menekan nematoda parasit melalui mekanisme langsung yaitu sebagai parasit telur, larva maupun dewasa. Selain itu juga sebagai perangkap dengan membentuk hifa perangkap berupa lingkaran atau jaring (<http://agroecology.ifas.ufl.edu/Beneficial%20soil%20fungi.htm>).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sampai saat ini antara lain oleh Adnan (1991) telah mengisolasi jamur penghuni tanah dan mendapatkan 6 genus jamur yaitu *Hyaloflora*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Scitalidium* dan *Paecilomyces* yang dapat mengkoloni nematoda *Meloidogyne* spp. dan dapat menekan populasi nematoda dalam akar dan tanah. Sarah (1991) menyatakan bahwa jamur *Gliocladium* dapat menekan serangan nematoda bengkak akar pada batas populasi tertentu. Nazarudin dan Mustika (1996) menyatakan bahwa beberapa jamur yang potensial untuk digunakan sebagai agen pengendali hayati nematoda parasit pada tanaman antara lain *Arthrobotrys* spp., *Catenaria* spp., *Dactylella* spp., dan *Verticillium* spp. Winarto (1996) mendapatkan jamur yang diisolasi dari kelompok telur nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.) yaitu *Fusarium*, *Paecilomyces*, dan *Gliocladium*. Setelah diuji

ternyata merupakan parasit telur dan pada pengujian selanjutnya ternyata jamur tersebut dapat menekan bengkak akar, jumlah nematoda dalam akar dan jumlah masa telur yang terbentuk, dan yang paling efektif dari ketiga jamur tersebut adalah *Paecilomyces*.

Menurut Mulyadi *et al.* (1991), salahsatu spesies jamur *Paecilomyces* yaitu *Paecilomyces lilacinus* adalah parasit telur nematoda yang efektif untuk mengendalikan nematoda bengkak akar maupun nematoda siste. Jamur tersebut juga efektif untuk pengendalian nematoda parasit lain di daerah tropika maupun subtropika pada berbagai tanaman.

Gambar 1. Roadmap penelitian

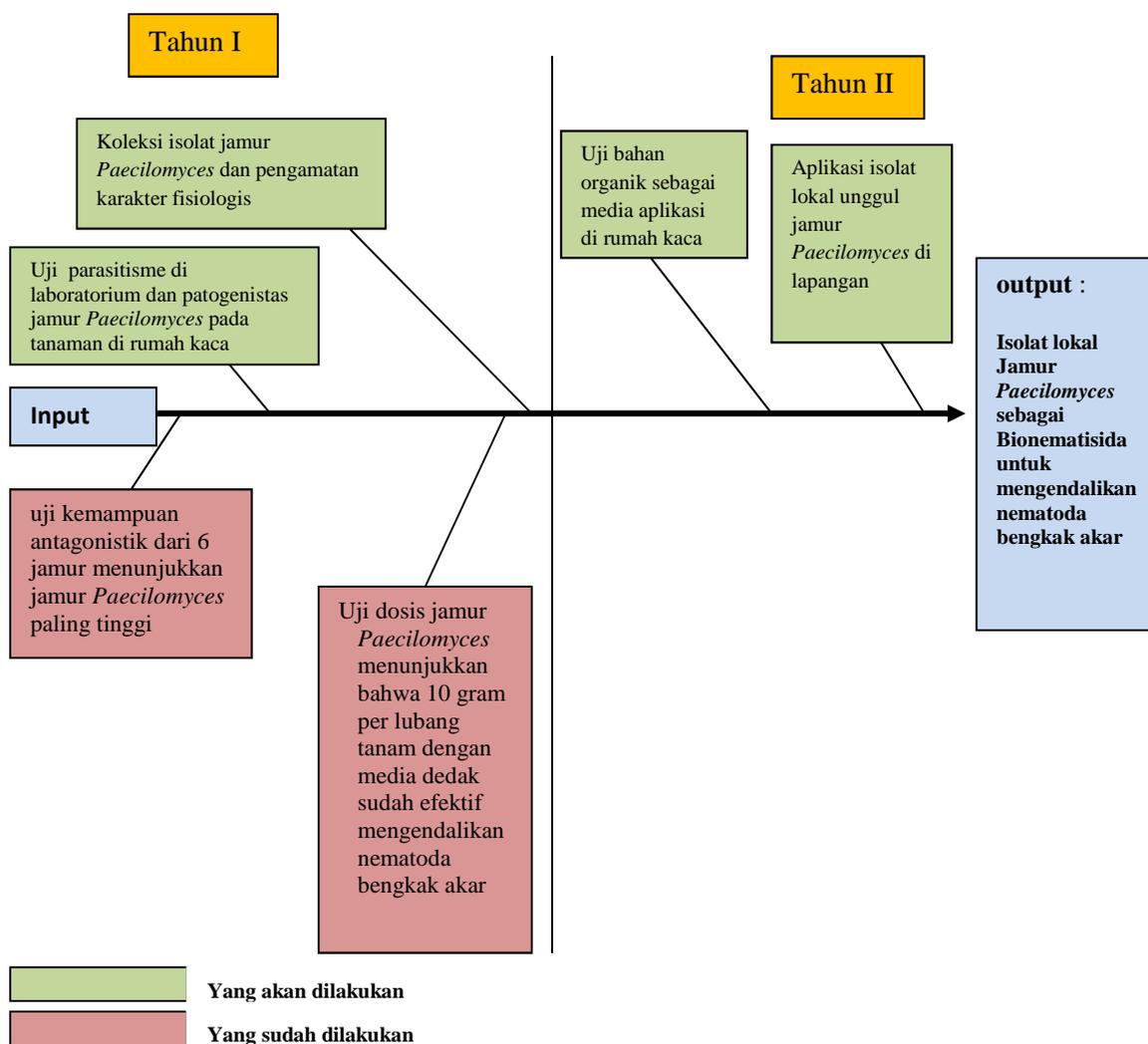


III. METODE PENELITIAN

1. Tempat dan Waktu

Penelitian akan dilakukan di laboratorium, rumah kaca dan di lahan petani sayuran . Penelitian di laboratorium dilakukan di laboratorium Mikologi, Nematologi dan rumah kaca Jurusan hama dan penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Unand. Penelitian lapangan dilakukan di lahan petani yang terinfeksi oleh nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp. Di Alahan panjang, Lembah Gumanti Kabupaten Solok. Penelitian akan dilakukan selama 2 tahun dan akan dimulai pada bulan Maret 2017 sampai November 2018. Bagan alir penelitian dapat dilihat dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 2. Alir Penelitian pada tahun I dan tahun II



2. Tahapan Penelitian

Tahun I: Koleksi isolat, uji parasitisme, pengamatan karakter fisiologis dan patogenisitas jamur *Paecilomyces*

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian tahun I adalah untuk mendapatkan isolat jamur *Paecilomyces* yang mempunyai patogenisitas paling tinggi.

1. Pengambilan sampel tanah dan isolasi jamur

Sampel diambil dari tanah perakaran tomat yang terserang dan yang tidak terserang nematoda bengkak akar di sentra produksi tomat Sumatera barat yaitu di Kabupaten Agam, Solok dan Tanah datar. Pada masing kabupaten dipilih Kecamatan dan Nagari yang mempunyai lahan terluas tanaman tomat dan untuk masing-masing Nagari dipilih dua lokasi tanaman tomat yang terserang maupun tidak terserang nematoda bengkak akar untuk pengambilan contoh.

1.a. Isolasi jamur dari tanah

Tanah diambil pada kedalaman antara 10-15 cm di perakaran tomat yang terserang *Meloidogyne* spp. sebanyak kurang lebih 500 gr kemudian dimasukkan dalam kantong plastik dan dibawa ke laboratorium. Isolasi jamur dilakukan dengan mengambil 10 gram contoh tanah kemudian dimasukkan ke dalam 90 ml H₂O steril dalam tabung Erlenmeyer kemudian dikocok dengan alat pengocok (*Shaker*) selama 30 menit. Suspensi tanah yang diperoleh diencerkan sampai 10⁻³ dan 10⁻⁴. Satu milliliter suspensi dari masing-masing pengenceran dimasukkan ke dalam cawan Petri steril, kemudian dituangi lebih kurang 10 mililiter media Agar Kentang Dektrose (AKD) ditambah khloramfenikol (AKD- khloramfenikol). Biakan ini diinkubasikan pada suhu kamar selama 3-5 hari. Tiap koloni jamur yang muncul diisolasi pada media AKD dalam cawan Petri sampai diperoleh biakan murni.

1.b. Isolasi jamur dari kelompok telur nematoda

Kelompok telur nematoda diambil dari akar tanaman yang menunjukkan gejala bengkak akar yang diambil dari lokasi yang sama dengan pengambilan sampel tanah. Kelompok telur dicuci dan disterilisasi permukaan dengan menggunakan alkohol. Untuk mengisolasi jamur yang menginfeksi kelompok telur digunakan metode dari Olivares-Bernabeu dan Lopes-liorca (2002) yaitu dengan menginokulasikan satu kelompok telur nematoda ke dalam media yang Peptone-dextrose-agar yang sudah ditambah dengan, 50 µg/ml streptomycin sulphate kemudian diinkubasi selama 3 hari

pada suhu 25°C. Pengamatan dilakukan terhadap jamur yang tumbuh pada kelompok telur kemudian diidentifikasi.

2. Identifikasi jamur yang ditemukan

Untuk menentukan jamur *Paecilomyces* dilakukan Identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis dari semua isolat dari beberapa daerah pengambilan sampel. Pengamatan makroskopis meliputi warna koloni, bentuk permukaan koloni dan kepadatan koloni. Pengamatan mikroskopis meliputi bentuk hifa, konidia, letak konidia dan struktur khusus dari hifa. Identifikasi didasarkan pada kunci identifikasi dari Barnett dan Hunter (1972) dan Watanabe (2002).

3. Uji Paratisme jamur terhadap telur nematoda

Uji ini untuk mengetahui kemampuan jamur dalam memarasit telur nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.). Metode yang digunakan adalah dari Olivares-Bernabeu dan Lopes-Liorca (2002) yaitu dengan menyebarkan telur nematoda sebanyak 50 butir pada 1% agar air dalam lempengan kaca atau cawan kaca. Masing-masing telur diinokulasi dengan meneteskan 10 µl suspensi konidia masing-masing jamur dengan konsentrasi 10⁶ konidia/ml. Masing-masing jamur dibuat 3 ulangan kemudian diinkubasi pada suhu 25°C dalam tempat yang gelap. Jamur sebagai parasit telur apabila kelihatan mengkoloni telur nematoda. Kemampuan memarasit dari masing-masing isolat jamur diketahui dengan menghitung jumlah telur yang terinfeksi dan dihitung persentasenya untuk masing-masing jamur.

4. Pengamatan Karakter fisiologis Jamur

Karakter fisiologis jamur antagonistik yang diamati dalam penelitian ini adalah daya kecambah konidia, laju pertumbuhan koloni, dan sporulasi.

a. Daya kecambah konidia

Daya kecambah konidia ditentukan menggunakan metode dari Junianto dan Sukanto (1995) yaitu menggunakan medium *Sabouraud's dextrose agar* dengan 2% *yeast extract* (SDAY) yang berbentuk lempengan dengan ukuran luas kira-kira 1 cm² dan tebal 1-2 mm diletakkan di atas gelas objek steril. Di atas medium diteteskan 10 µl suspensi konidia jamur antagonistik yang mengandung 10⁶ konidia/ml dan dimasukkan ke dalam cawan Petri steril yang diisi dengan kertas saring lembab dan diinkubasikan pada suhu 25°C selama 24 jam. Setiap perlakuan diulang empat kali. Persentase kecambah dihitung dari 100 konidia dan konidia dinyatakan berkecambah apabila panjang tabung kecambah telah melebihi diameter konidia.

b. Laju pertumbuhan koloni

Potongan agar dengan miselium dari masing-masing jamur antagonistik yang ditemukan dari masing-masing daerah yang telah berumur 7 hari dengan diameter 10 mm diinokulasikan pada bagian tengah media SDAY dalam cawan Petri dan diinkubasikan pada suhu 25°C. Diameter koloni masing-masing jamur diukur setiap hari sampai hari ke 15.

c. Sporulasi

Penghitungan sporulasi masing-masing jamur antagonistik dari berbagai daerah pengambilan sampel dilakukan dengan menyiapkan suspensi konidia dengan konsentrasi 10^5 konidia/ml. Untuk masing-masing jamur, 0,1 ml suspensi konidia dimasukkan dalam cawan Petri yang telah diisi dengan media SDAY. Biakan diinkubasikan selama 15 hari pada suhu 25°C. Setelah 15 hari, biakan pada cawan petri dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer dan ditambahkan 50 ml akuades steril. Biakan divorteks selama 5 menit, disaring dan diencerkan sampai 4 kali. Konsentrasi konidia dari suspensi dihitung dengan Hemositometer dan rata-rata jumlah konidia per cawan petri dibandingkan antar isolat jamur.

5. Uji patogenesis jamur *Paecilomyces* terhadap nematoda bengkak akar

Pengujian dilakukan di rumah kaca menggunakan rancangan acak lengkap dengan perlakuan isolat jamur *Paecilomyces* setelah uji parasitisme dan diulang sebanyak 4 kali. Isolat jamur berupa suspensi konidia sebanyak 5 ml dengan konsentrasi 10^6 dibiakkan dalam dedak beras sebanyak 10 gram dan diinkubasi selama 14 hari kemudian diaplikasikan ke dalam media tanam yang steril campuran tanah, pupuk kandang dan pasir dengan perbandingan volume 1 : 1 :1 dalam polibag yang sebelumnya sudah diinokulasi sebanyak 500 telur nematoda *Meloidogyne* spp. Setelah satu minggu ditanam tanaman tomat yang sudah berumur 21 hari di pesemaian. Pengamatan dilakukan 45 hari setelah inokulasi telur nematoda dan parameter yang diamati adalah jumlah bengkak akar, kelompok telur, telur dalam kelompok telur dan jumlah nematoda dalam tanah.

Tahun II : Uji bahan organik sebagai media jamur *Paecilomyces* untuk aplikasi di lapangan dan Uji kemampuan isolat lokal unggul jamur *Paecilomyces* sebagai bionematisida di lapangan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian Tahun II untuk mendapatkan bahan organik yang cocok dan mendapat isolat lokal unggul jamur *Paecilomyces* sebagai bionematisida

1. Uji bahan organik sebagai media tumbuh jamur *Paecilomyces* di rumah kaca

Beberapa media perbanyakan yang akan diuji yaitu kotoran ayam, kotoran sapi, kompos jerami padi, dan dedak beras. Media tanaman yang digunakan adalah campuran tanah, kompos dan pasir dengan perbandingan 1 : 1 : 1, dan disterilkan dengan metode *Tyndalisasi*. Uji ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan beberapa bahan organik (kotoran sapi, kotoran ayam, kompos, dedak beras) dan kontrol (tanpa bahan organik) dan diulang sebanyak 4 kali. Tanaman yang dipakai adalah tomat varietas Warani yang ditanam dalam polybag. Aplikasi jamur dilakukan dengan cara meneteskan suspensi konidia masing-masing jamur antagonis sebanyak 1 ml dengan kerapatan 10^8 pada lubang tanam kemudian dilakukan penanaman.

Sampel tanah diambil 15 hari setelah aplikasi untuk mengetahui perkembangan jamur pada masing-masing perlakuan dilakukan dengan menggunakan *cork borer* yang berdiameter 8 cm dan tinggi 10 cm pada. Sampel tanah kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik. Dari masing-masing sampel tanah tersebut diambil sebanyak 10g, dilarutkan dalam 90 ml akuades steril yang telah diberi 0.05% Tween 80 dan divorteks selama 2 menit. Suspensi tanah diencerkan sampai 3 kali dan 1 ml suspensi dimasukkan dalam cawan Petri. Cawan Petri diinkubasikan selama 14 hari dan jumlah koloni jamur *Paecilomyces* yang ada dihitung. Pengamatan jumlah koloni *Paecilomyces* adalah dalam bentuk jumlah *colony-forming units* (CFU) per gram tanah.

2. Uji isolat lokal jamur *Paecilomyces* yang unggul sebagai Bionematisida

Lahan percobaan yang dipakai adalah lahan petani bekas tanaman tomat yang terserang oleh nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.). Lahan diolah sesuai untuk penanaman tanaman tomat sebagai tanaman indikator kemudian dibuat 4 petak yang terdiri dari 4 bedengan. Sebelum dilakukan perlakuan maka lahan diolah dengan baik kemudian dari masing-masing bedengan diambil sampel tanah sebanyak 500 gram untuk menentukan populasi awal nematoda dalam tanah. Uji ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan menggunakan 5 kelompok percobaan dengan

perlakuan adalah waktu aplikasi isolat jamur *Paecilomyces* terbaik hasil penelitian tahun I dengan media perbanyakan yang terbaik dari pengujian beberapa media bahan organik. Waktu aplikasi sebagai perlakuan yaitu 20, 15, 10, 5 hari sebelum tanam dan bersama waktu tanam. Data hasil percobaan diolah dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan pengujian nilai menggunakan uji DNMRT pada taraf 5%. Masing-masing perlakuan ditempatkan dalam bedengan dengan ditanam tomat sebagai indikator sebanyak 2 baris dan tiap baris terdiri 5 tanaman tomat. Perawatan dan pemupukan dilakukan sesuai dengan cara budidaya tanaman tomat. Pengamatan dilakukan 45 hari setelah tanam dengan parameter yang diamati yaitu jumlah bengkok per tanaman, jumlah kelompok telur yang terbentuk, jumlah telur tiap kelompok telur, jumlah nematoda dalam tanah, tinggi tanaman, dan produksi buah tomat yang dihasilkan.

IV. HASIL PENELITIAN TAHUN II

A. Uji Bahan Organik Sebagai Media Tumbuh Jamur *Paecilomyces* di Rumah Kaca

1. Persiapan peremajaan dan perbanyakan jamur *Paecilomyces* di laboratorium

Jamur *Paecilomyces* yang dipakai adalah hasil penelitian tahun ke 1. Untuk menjaga patogenisitas jamur untuk tetap tinggi dilakukan peremajaan pada kelompok telur nematoda *Meloidogyne* spp. , kemudian diperbanyak pada media PDA.



Gambar 3. Jamur *Paecilomyces* pada media PDA pada umur 14 hari

2. Pengujian Bahan Organik Sebagai Media Tumbuh di Rumah Kaca

Bahan organik yang digunakan adalah kompos, pupuk kandang sapi, pupuk kandang ayam, dan dedak beras dengan tanaman tomat sebagai tanaman indikator.



Gambar 4. Tanaman tomat di rumah kaca sebagai tanaman indikator pada pengujian bahan organik.

Hasil pengamatan rata-rata jumlah koloni jamur *Paecilomyces* yang terbentuk pada tanah rizosfer tanaman tomat ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata koloni yang terbentuk pada masing-masing perlakuan bahan organik

| Perlakuan | Rata-rata Jumlah koloni (cfu/gr) |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Tanah + Kompos | 0.75×10^5 a |
| Tanah + Pupuk kandang Sapi | 0.25×10^5 a |
| Tanah + Pupuk kandang Ayam | 0.25×10^5 a |
| Tanah + Dedak beras | 2.75×10^5 b |
| Tanah (tanpa bahan organik) | 0.25×10^5 a |

Koloni yang terbentuk ternyata paling banyak pada tanah yang ditambah dengan dedak beras, sedangkan dengan penambahan bahan organik kompos, pupuk kandang ayam, pupuk kandang sapi maupun pada tanah tanpa penambahan bahan organik berbeda tidak nyata. Hal ini disebabkan dedak beras merupakan media yang mengandung bahan sebagai nutrisi yang lebih baik untuk pertumbuhan jamur *Paecilomyces*. Menurut Mulyadi *dkk.* (1990), faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas jamur parasitik pada nematoda seperti *Paecilomyces lilacinus* antara lain adalah jenis media tumbuh. Untuk aplikasi di lapangan antara lain bisa digunakan dari gabah, merang, kentang, jagung, daun lantoro dan lili air. Selain itu juga dipengaruhi oleh tipe tanah dan kandungan bahan organik dalam tanah. Selain itu Mulyadi *dkk.* (1991), menyatakan bahwa faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap patogenisitas

jamur *Paecilomyces lilacinus* antara lain adalah macam alas pakan atau medium seperti gabah, merang, kentang, jagung, gandum, daun lamtoro.

Menurut Stamets & Chilton (1983) nutrisi dibutuhkan oleh jamur untuk berbagai proses metabolisme di dalam sel dalam rangka menghasilkan sumber energi yang cukup untuk pertumbuhannya. Unsur penting untuk pertumbuhan jamur antara lain karbon dan nitrogen. Prayogo dkk. (2005) menyatakan bahwa viabilitas spora/konidia dalam substrat dipengaruhi oleh nutrisi dalam substrat contohnya adalah kadar gula. Substrat dengan kadar gula tinggi dapat menjaga viabilitas konidia jamur.

Bilgrami dan Verma (1978) menyatakan bahwa unsur karbon dan nitrogen sangat penting dibutuhkan oleh jamur untuk meningkatkan jumlah dan viabilitas konidia. Unsur karbon dibutuhkan dalam proses pertumbuhan sebagai sumber energi dan sintesis komponen sel untuk memperbaiki sel-sel yang rusak. Unsur ini dibutuhkan oleh jamur dalam bentuk karbohidrat seperti monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Unsur nitrogen dibutuhkan untuk mendukung proses pertumbuhan vegetatif dan pembentukan organel sel. Unsur ini dibutuhkan oleh jamur dalam bentuk nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), ammonium (NH_4^+), N organik dan asam amino serta protein. (Garraway & Evans, 1984). Menurut Tjokrokusumo *et al.* (2004), sebagian besar unsur karbon yang dibutuhkan oleh jamur yaitu sebagai sumber energi yang digunakan dalam pertumbuhan dan perbanyakkan sel, sedangkan nitrogen diperlukan untuk pertumbuhan melalui proses sintesis protein. Menurut Dewan Standarisasi Nasional (2001), dedak beras mengandung energi metabolis sebesar 2980 kkal/kg, protein 12,9%, lemak 13%, serat kasar 14,4% dan kadar air 12%.

Faktor lain yang menyebabkan viabilitas konidia jamur *Paecilomyces* lebih baik pada tepung dedak beras adalah kandungan air pada dedak beras. Kandungan air pada dedak beras sebesar 12% cukup menjaga viabilitas konidia sehingga air dalam konidia tidak terserap oleh tepung dedak. Lingkungan yang cukup air maka konidia akan lebih mampu untuk bertahan sehingga viabilitasnya lebih baik. Menurut Hasyim (2006) formula tepung mempunyai kemampuan dalam menjaga viabilitas spora/konidia karena mengandung cukup air sehingga tidak menyebabkan penyerapan air pada konidia sehingga konidia masih cukup baik.

Jamur *Paecilomyces* adalah parasit fakultatif sehingga perlu nutrisi untuk

menunjang reproduksinya sebelum memarasit telur nematoda. Reproduksi jamur sangat dipengaruhi oleh nutrisi yang ada disekitarnya, selain juga faktor lingkungan harus mendukung.

B. Uji isolat lokal jamur *Paecilomyces* yang unggul sebagai Bionematisida

1. Lokasi untuk demplot

Lokasi demplot dipilih bekas pertanaman tomat yang terserang nematoda bengkak akar di daerah Batu Bagirik, Alahan Panjang, kabupaten Solok.



Gambar 5. Pertanaman tomat yang terserang nematoda bengkak akar (a), dan gejala bengkak akar pada tanaman tomat (b)

2. Aplikasi jamur *Paecilomyces*

a. Hasil perbanyakan jamur *Paecilomyces* pada dedak beras

Jamur *Paecilomyces* yang akan diaplikasikan dibiakkan pada dedak beras dan diinkubasikan selama 14 hari, kemudian dijadikan bentuk serbuk untuk diaplikasikan ke lubang tanam sebelum ditanami tanaman tomat.



A



B

Gambar 6. Biakan jamur *Paecilomyces* pada dedak beras (A) dan serbuk dedak beras yang mengandung jamur *Paecilomyces*

3. Pelaksanaan demplot aplikasi Jamur *Paecilomyces*

Aplikasi jamur *Paecilomyces* dilakukan pada saat tanam, 5, 10, 15, dan 20 hari sebelum penanaman tomat. Tanaman tomat ditanam secara tumpangsari dengan tanaman cabe yang sudah ada.



A



B



C



D

Gambar 7. Kondisi lahan pada saat tanam (A), pada umur 21hari (B), umur 50 hari (C), dan umur 71 hari (D)

4. Hasil pengamatan

Pengamatan terhadap jumlah bengkok akar, kelompok telur, nematoda dalam tanah, tinggi tanaman dan berat buah pada 110 hari setelah penanaman ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata jumlah bengkok akar, kelompok telur, nematoda dalam tanah, tinggi tanaman dan berat buah

| Perlakuan Waktu Aplikasi jamur <i>Paecilomyces</i> | Jumlah Bengkak Akar per tanaman | Jumlah Kelompok Telur per tanaman | Jumlah Nematoda dalam Tanah (ekor/300 gr tanah) | Tinggi Tanaman (cm) | Berat Buah per Tanaman (kg) |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|---|---------------------|-----------------------------|
| 20 hari sebelum tanam | 114,75 c | 81.50 d | 12.00 b | 70.50 c | 1.35 a |
| 15 hari sebelum tanam | 67.25 a | 22.75 a | 8.75 a | 68.75 bc | 1.45 a |
| 10 hari sebelum tanam | 58.75 a | 26.25 a | 9.50 a | 66.75 b | 1.23 a |
| 5 hari sebelum tanam | 70.25 a | 38.50 b | 10.75 ab | 69.25 bc | 1.45 a |
| Bersama waktu tanam | 93.50 b | 51.50 c | 8.25 a | 71.50 c | 1.25 a |
| Kontrol (tanpa aplikasi jamur) | 202.25 d | 178.25 e | 17.50 c | 58.25 a | 1.15 a |

Aplikasi jamur *Paecilomyces* dapat menekan terbentuknya bengkak akar, kelompok telur maupun nematoda dalam tanah. Pertumbuhan tanaman juga lebih baik, terlihat bahwa tinggi tanaman tomat yang diaplikasi dengan jamur *Paecilomyces* lebih tinggi dibandingkan dengan yang tanpa aplikasi jamur sedangkan untuk berat buah pada tanaman tomat yang diaplikasi dengan jamur maupun yang tidak diaplikasi dengan jamur belum menunjukkan perbedaan yang nyata. Pertumbuhan akar pada tanaman tomat yang diaplikasi dengan jamur *Paecilomyces* lebih baik dibanding dengan yang tanpa aplikasi jamur (Gambar 8).



Gambar 8. Pertumbuhan akar tomat pada umur 110 hari setelah penanaman. A (perlakuan 20 hari sebelum tanam), B (perlakuan 15 hari sebelum tanam), C (perlakuan 10 hari sebelum tanam), D (perlakuan 5 hari sebelum tanam), E (perlakuan saat tanam), dan E (kontrol).

Tabel 3. Kemampuan penekanan (%) masing-masing perlakuan terhadap bengkak akar, kelompok telur dan nematoda dalam tanah

| Perlakuan Waktu Aplikasi jamur <i>Paecilomyces</i> | Jumlah Bengkak Akar per tanaman | Jumlah Kelompok Telur per tanaman | Jumlah Nematoda dalam Tanah | Rata-rata |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|
| 20 hari sebelum tanam | 43.26 | 54.28 | 31.43 | 42.99 |
| 15 hari sebelum tanam | 66.75 | 87.24 | 50.00 | 67.99 |
| 10 hari sebelum tanam | 70.95 | 85.27 | 45.71 | 67.31 |
| 5 hari sebelum tanam | 65.27 | 78.40 | 38.57 | 60.74 |
| Bersama waktu tanam | 53.92 | 71.11 | 52.86 | 59.30 |
| Kontrol (tanpa aplikasi jamur) | 0 | 0 | 0 | |

Hasil penghitungan kemampuan penekanan menunjukkan bahwa jamur *Paecilomyces* 15 hari sebelum tanam mempunyai kemampuan yang lebih tinggi yaitu 67.99% dalam menekan penyakit bengkak akar maupun menekan perkembangan nematoda bengkak akar, hasil yang hampir sama juga pada aplikasi 10 hari sebelum tanam yaitu 67.31%. Hal ini disebabkan untuk dapat mengendalikan nematoda dalam tanah terutama memarasit telur nematoda maka jamur *Paecilomyces* memerlukan waktu untuk berkembang dalam tanah yaitu 14 hari setelah aplikasi, sehingga apabila kemudian ditanam tanaman tomat maka jamur sudah berkembang dalam tanah dan dapat melindungi akar tanaman tomat dari infeksi nematoda. Menurut Anusha (2014), jamur *Paecilomyces lilacinus* untuk mencapai tumbuh maksimal memerlukan waktu

inkubasi selama 14 hari, sedangkan menurut Cabanillas and Barker (1989), aplikasi jamur *Paecilomyces lilacinus* memberikan perlindungan yang lebih besar apabila diaplikasikan 10 hari sebelum tanam dan pada saat tanam atau diulang lagi pada saat tanam. Hasil tanaman menjadi duakali lipat dengan aplikasi jamur dibandingkan tanpa aplikasi jamur.

Aplikasi jamur *Paecilomyces* berpengaruh terhadap tinggi tanaman, tanaman tomat yang diapikasi dengan jamur lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman tomat yang tanpa aplikasi jamur *Paecilomyces*. Hal ini disebabkan jamur dapat menekan terbentuknya bengkak akar sehingga akar tanaman tomat dapat berkembang lebih baik sehingga penyerapan air dan unsur hara menjadi lebih baik yang menyebabkan pertumbuhan tanaman juga menjadi lebih tinggi dan tidak kerdil. Sesuai dengan hasil penelitian Esfahani (2006), menunjukkan bahwa aplikasi jamur *Paecilomyces lilacinus* menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan yang tanpa aplikasi dimana aplikasi Jamur menambah tinggi tanaman.

KESIMPULAN

Bahan organik yang terbaik sebagai media perbanyakan untuk aplikasi di lapangan adalah dedak beras sedangkan waktu terbaik untuk aplikasi di lapangan adalah 14 hari sebelum tanam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A.M. 1991. Prospek beberapa 22roblem fungi penghuni tanah sebagai agen antagonis terhadap *Meloidogyne* spp. pada tomat (*Lycopersicon esculentum*. Mill). Fakultas Pasca Sarjana, Institute Pertanian Bogor. 55 hal.
- Anusha, B.G. 2014. Mass Production of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson and bioefficacy against root-knot nematode infecting toamto. Thesis submitted to Univercity Agricultural of Science, Dharwad in Partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (Agriculture) in Plant pathology. Departmen of Plant pathology College of Agriculture, Dharwad Univercity of Agricultural Sciences, Dharwad.
- Barnett, H.L., Hunter, B.B. 1972. *Illustrated genera of imperfect fungi*. Third edition. Minneapolis : Burges Publishing Company.
- Bordallo, J.J., L.V. Lopez-Llorca, H.B. Jasson, J. Salinas, L. Persmark, and L. Asensio. 2002. Colonization of plant roots by egg-parasitic and nematode-trapping fungi. *New Phytologist*: 154: 491-499.

- Cabanillas, E. and K.R. Barker. 1989. Impact of *Paecilomyces lilacinus* inoculum level and application time on control of *Meloidogyne incognita* on tomato. *Journal of Nematology* 21(1):115-120.
- Davide, R. G., and R. A. Zorilla., 1983., Evaluation of Fungus *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson for The Biological Control of The Potato Cyst Nematode, *Globodera rostochiensis* as Compared with Some Nematicides., *Phil. Agr.*, 66 (4) :397- 404 P
- , 1985. Fungi control potato cyst nematodes. *Rs.* 4(1): 4-5.
- , 1986. Comparative with Control of *Meloidogyne incognita* on Okra, PCCP 17th anniversary and annual convention, May 8-10, Iloilo city.
- Jatala, P. 1986. Biological control of nematodes. *Dalam* J.N. Sasser dan C.C. Carter (Ed.) *An Advance treatise on Meloidogyne* . Vol. 1. Biology and Control. pp. 304-308.
- Godonou, I., K.R. Green, K.A. Oduro, C.J. Lomer and K. Afreh-Nuamah. 2000. Field evaluation of selected formulation of *Beauveria bassiana* for the management of the banana weevil (*Cosmopolites sordidus*) on plantain (*Musa* spp.). *Biocontrol Science and Technology* (2000) 10, 779-788
- Hidayat, S.H., Hidayat, P. dan Suastika , G. 2002. Penuntun Praktikum Mata Kuliah Aplikasi Teknik Biologi Molekul untuk Fitopatologi dan Entomologi. Bogor: Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta, IPB. 25 hal.
- Junianto, Y.D. dan Sukanto, S. 1995. Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap perkecambahan, pertumbuhan dan sporulasi beberapa *B. bassiana*. *Pelita Perkebunan* 11(2):64-75
- Liswarni, Y., Winarto, Martinius. 2009. Eksplorasi dan pemanfaatan jamur antagonis di rizosfer untuk pengendalian Nematoda Bengkak Akar (*Meloidogyne* spp.). laporan penelitian Hibah Strategis Nasional. Lembaga Penelitian Universitas Andalas Padang.
- Mankau, R. 1979. Biocontrol: Fungi as nematode control agents. Symposium paper presented at the annual meeting of the Society of Nematologist, Salt Lake City, Utah. p. 23-26.
- , 1980. Biocontrol: Fungi as nematode control agents. *J. of Nematol* 12: 244-252
- Mustika, I., B.N. Susilo, dan R. Harni. 1997. Kajian teknis aplikasi agensia hayati jamur dan bakteri untuk pengendalian nematoda pada lada. Laporan teknis penelitian. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor. hal. 137-143

- Mustika, I. dan R.Z. Ahmad. 2004. Peluang pemanfaatan jamur nematofagus untuk mengendalikan nematoda parasit pada tanaman dan ternak. *Jurnal Litbang Pertanian*, 23(4): 115-122.
- Mulyadi, B. Hadisutrisno, B. Triman. 1990. Inventarisasi jamur parasitik pada nematoda dan usaha pemanfaatannya dalam pengendalian nematoda secara hayati. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 1990.
-
- _____. 1991. Pemanfaatan jamur *Paecilomyces lilacinus* dalam pengendalian hayati nematoda parasitik tanaman. Tahap II: Bioekologi dan patogenisitas *P. lilacinus*. Proyek Pengembangan Pusat Penelitian bersama Antar Universitas/IUC (Bank Dunia), PAU Bioteknologi. LPIU-UGM. 1991
- Nankinga, C.M. and D. Moore. 2000. Reduction of banana weevil populations using different formulation of the entomopatogenic fungus *Beauveria bassiana* . *Biocontrol Science and Technology* (2000) 10, 645-657.
- Nazarudin, S.B. 1997. Jamur penjerat nematoda dan pemanfaatannya sebagai agensia pengendalian hayati nematoda parasit tanaman. Prosiding Konggres Nasional XIV dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia, Palembang 27-29 Oktober 1997. hal. 202-208
- Nazarudin, S.B. dan I. Mustika. 1996. Penggunaan jamur penjerat untuk pengendalian hayati *Meloidogyne* spp. pada jahe . Proc. Seminar on Integrated Control of main diseases of Industrial Crops. Bogor, 13-14 March 1996. Research Institute for Spice and Medicinal Crops and japan International Cooperration agency. p. 193-197.
- Olivares-Bernabeu, C.M. and Luis Vicente lopez-Liorca. 2002. Fungal egg-parasites of plant-parasitic nematodes from Spanish soils. *Rev Iberoam micol* 2002; 19: 104-110.
- Rovira, A.D. 1970. Plant Root Exudates and Their Influence Upon Soil Microorganisms. In F.B. Kenneth and William C.S. Ed. Ecology of Soil- Borne Plant Pathogens Prelude to Biological Control. University of California Press, Los Angeles and London.
- Sarah, S. 1991. Studi penggunaan *Gliocladium* spp. sebagai agen pengendali nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.) pada tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill)
- Watanabe, T. 2002. Soil and seed fungi. Morphologis of cultured fungi and key to Spesies. New York. CRC Press. 486 p

- Winarto dan Liswarni, Y. 1996. Penggunaan jamur parasit telur untuk mengendalikan nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.). Penelitian Dosen Muda (BBI), Dikti. 24 halaman
- Winarto dan Liswarni, Y. 1998. Penggunaan jamur pemangsa larva untuk mengendalikan nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.). Penelitian Dosen Muda (BBI). Dikti. 26 halaman.
- Winarto dan Liswarni, Y. 2001. Pemanfaatan jamur di rizosfer yang beraktivitas nematisida di rizosfera untuk mengendalikan nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.). Penelitian Dosen Muda (BBI). Dikti. 24 halaman.
- Winarto. 2007. Pemanfaatan jamur antagonis untuk pengendalian nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.). Jurnal manggaro. Vol.8.No.1 April 2007.
- Winarto dan Trizelia. 2009. Aktivitas antagonistik dan karakterisasi jamur yang berasosiasi dengan nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.) pada tanaman tomat. laporan Penelitian Fundamental. Dikti. 36 hal.
- Winarto, Trizelia, Y. Liswarni. 2013. Pengembangan formula jamur bionematisida untuk pengendalian nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.) pada tanaman tomat. laporan penelitian Hibah Bersaing. 2013. 34 hal.