



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**KARAKTER FISILOGIS BEBERAPA JAMUR ANTAGONIS DAN
KEMAMPUANNYA UNTUK MENGENDALIKAN NEMATODA
BENGGAK AKAR (*Meloidogyne* spp.) PADA TANAMAN TOMAT
(*Lycopersicum esculentum* Mill)**

SKRIPSI



**AFNIA SARI
06116002**

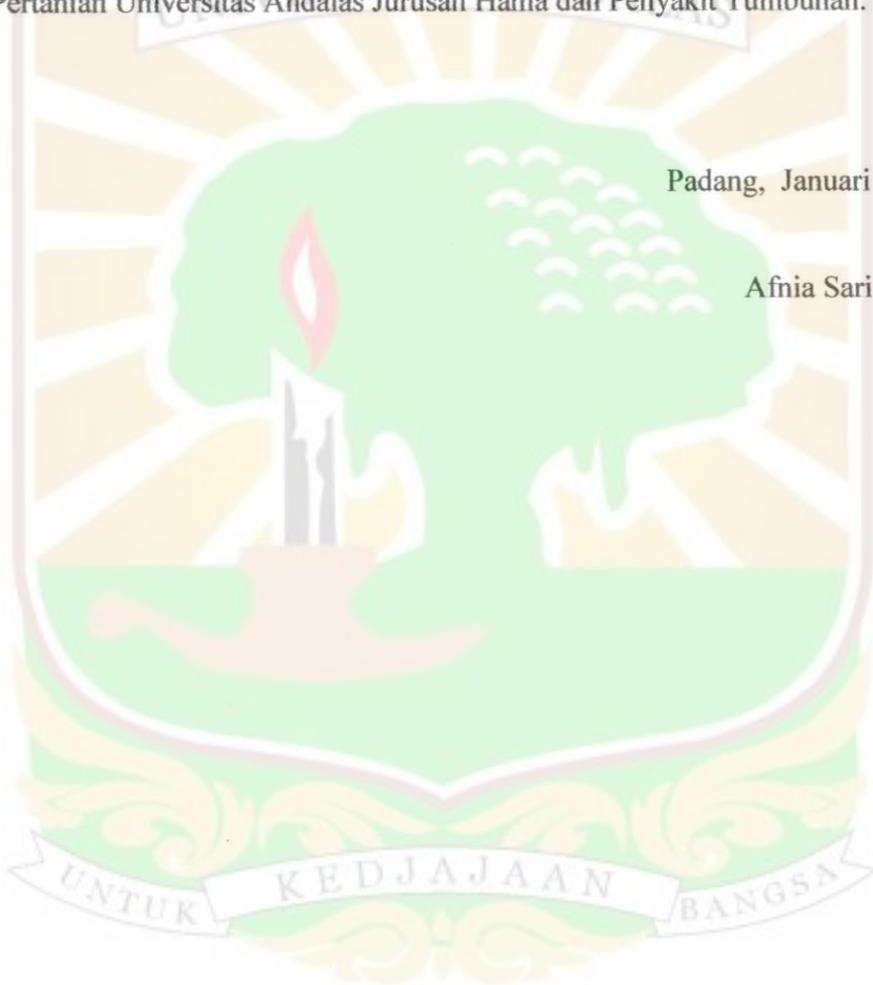
**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2012**

BIODATA

Penulis dilahirkan di Silungkang, pada tanggal 31 Januari 1988 sebagai anak keempat dari lima bersaudara, dari pasangan Syahrudin Syarif dan Endang Hastuti. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) ditempuh di SD Muhammadiyah Silungkang (1994-2000). Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) ditempuh di SMP Sekolah Dagang Islam (SDI) Silungkang (2000-2003). Sekolah Lanjutan Tingkat Atas (SLTA) ditempuh di SMA-SDI Silungkang (2003-2006). Pada tahun 2006 penulis diterima di Fakultas Pertanian Universitas Andalas Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan.

Padang, Januari 2012

Afnia Sari



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya lah penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **Karakter fisiologis beberapa jamur antagonis dan kemampuannya untuk mengendalikan nematoda bengkak akar (*Meloidogyne spp.*) pada tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill)**” dari mata kuliah Pengendalian Hayati. Shalawat beserta salam penulis sampaikan kepada Rasulullah SAW sebagai tauladan dan rahmat bagi sekalian alam.

Terima kasih penulis ucapkan untuk Bapak Ir. Reflin, MP selaku pembimbing I dan Bapak Ir. Winarto, MS selaku pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dan membimbing penulis dalam menyusun skripsi ini serta dalam penelitian yang telah dilaksanakan. Terima kasih untuk seluruh staf pengajar, karyawan administrasi, karyawan perpustakaan, dan teknisi laboratorium Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, serta terima kasih juga penulis persembahkan untuk orang tua penulis dan teman-teman yang telah membantu selesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan untuk itu penulis dengan senang hati akan menerima kritikan dan saran yang sifatnya membangun. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua khususnya bidang ilmu pertanian. Amin.

Padang, Januari 2012

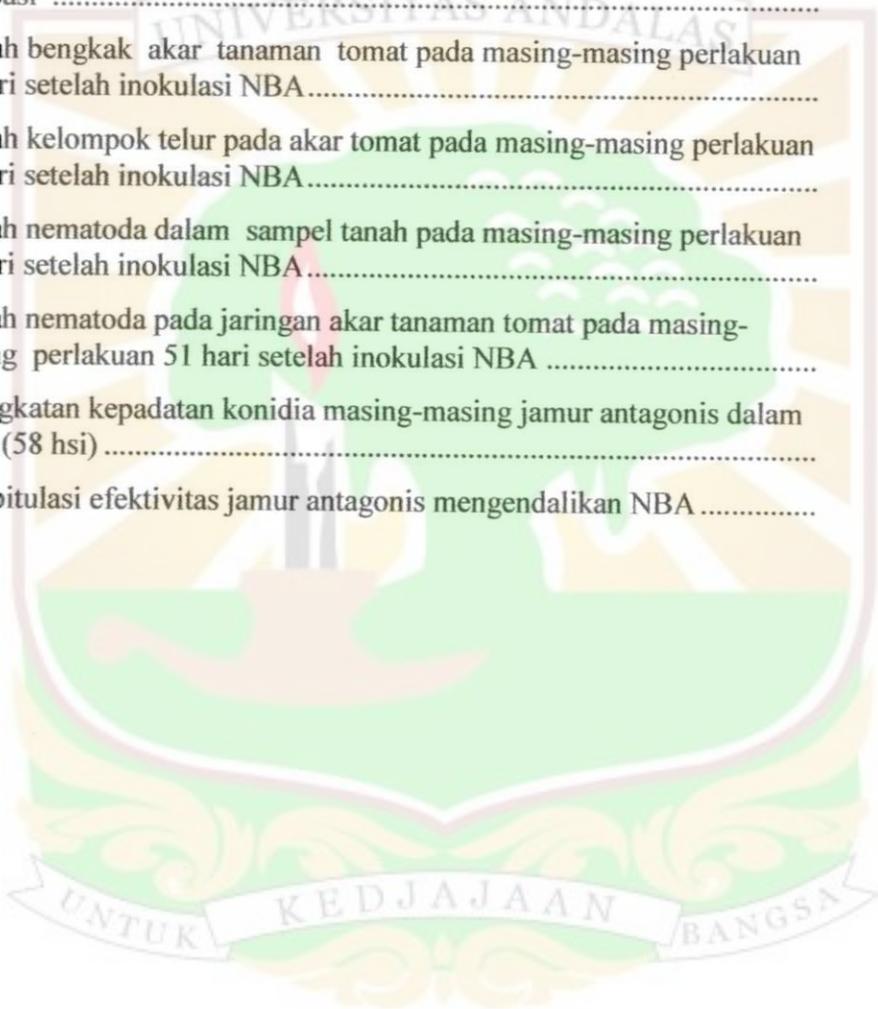
A.S

DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
I. PENDAHULUAN	1
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
III. BAHAN DAN METODE	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Bahan dan Alat	13
3.3 Metode Penelitian	13
3.4 Pelaksanaan Penelitian	14
3.5 Pengamatan Penelitian	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil	21
4.2 Pembahasan	27
V. PENUTUP	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

<u>Tabel</u>	<u>Halaman</u>
1. Daya kecambah konidia jamur antagonis pada hari ke-10 setelah inkubasi	22
2. Jumlah konidia jamur antagonis yang terbentuk pada hari ke-10 setelah inkubasi	22
3. Jumlah bengkok akar tanaman tomat pada masing-masing perlakuan 51 hari setelah inokulasi NBA.....	23
4. Jumlah kelompok telur pada akar tomat pada masing-masing perlakuan 51 hari setelah inokulasi NBA.....	24
5. Jumlah nematoda dalam sampel tanah pada masing-masing perlakuan 51 hari setelah inokulasi NBA.....	24
6. Jumlah nematoda pada jaringan akar tanaman tomat pada masing-masing perlakuan 51 hari setelah inokulasi NBA	25
7. Peningkatan kepadatan konidia masing-masing jamur antagonis dalam tanah (58 hsi)	26
8. Rekapitulasi efektivitas jamur antagonis mengendalikan NBA	27



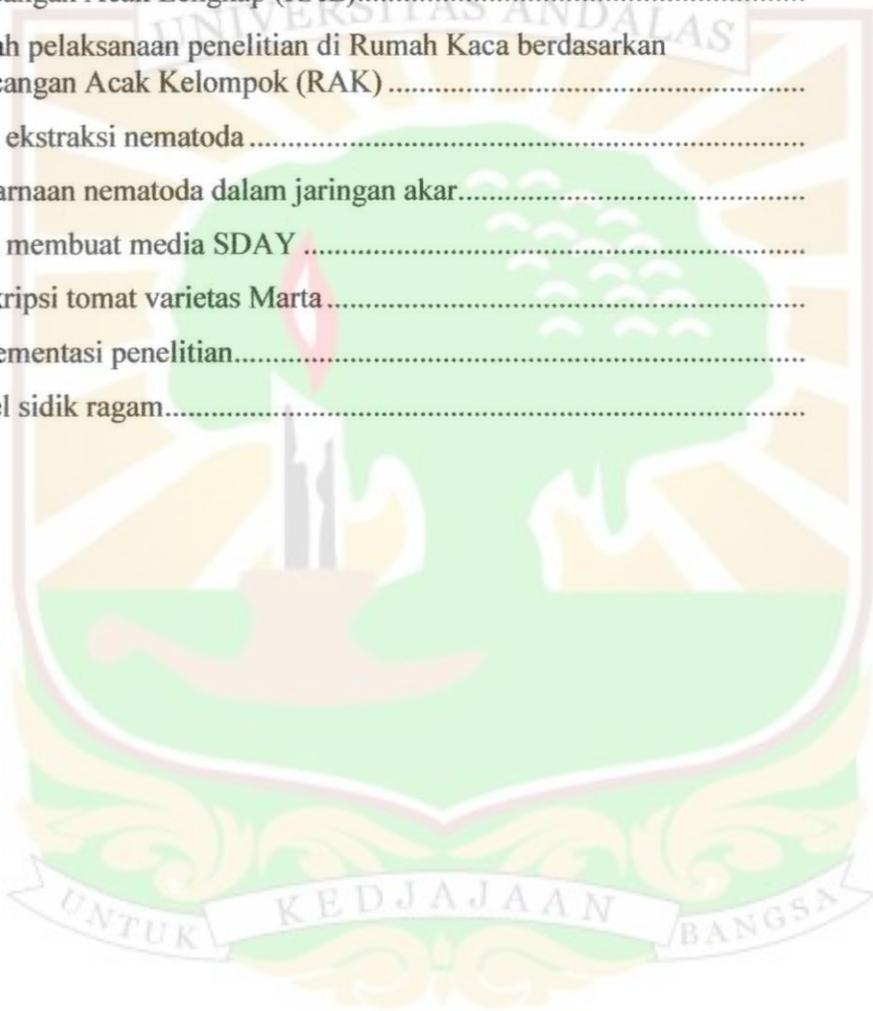
DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar</u>	<u>Halaman</u>
1. Jamur antagonis sebagai perlakuan	14
2. Laju pertumbuhan koloni jamur antagonis yang digunakan sebagai perlakuan sampai hari ke-10 setelah inkubasi	21
3. Tinggi tanaman tomat sampai umur 70 hari setelah tanam	26



DAFTAR LAMPIRAN

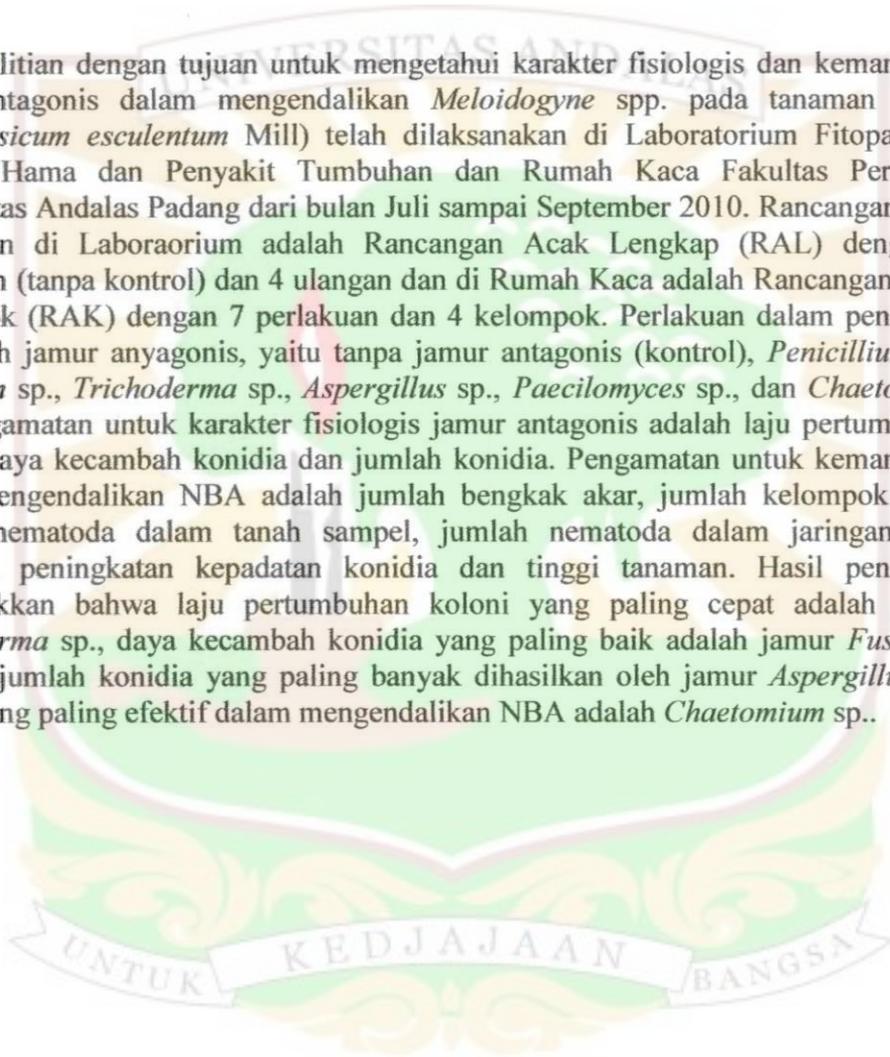
<u>Lampiran</u>	<u>Halaman</u>
1. Jadwal kegiatan penelitian dari bulan Juli sampai September 2010	35
2. Denah pelaksanaan penelitian di Laboratorium berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL).....	36
3. Denah pelaksanaan penelitian di Rumah Kaca berdasarkan Rancangan Acak Kelompok (RAK)	37
4. Cara ekstraksi nematoda	38
5. Pewarnaan nematoda dalam jaringan akar.....	39
6. Cara membuat media SDAY	40
7. Deskripsi tomat varietas Marta	41
8. Dokumentasi penelitian.....	42
9. Tabel sidik ragam.....	44



**KARAKTER FISIOLOGIS BEBERAPA JAMUR ANTAGONIS DAN
KEMAMPUANNYA UNTUK MENGENDALIKAN NEMATODA BENGGKAK
AKAR (*Meloidogyne* spp.) PADA TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum
esculentum* Mill)**

ABSTRAK

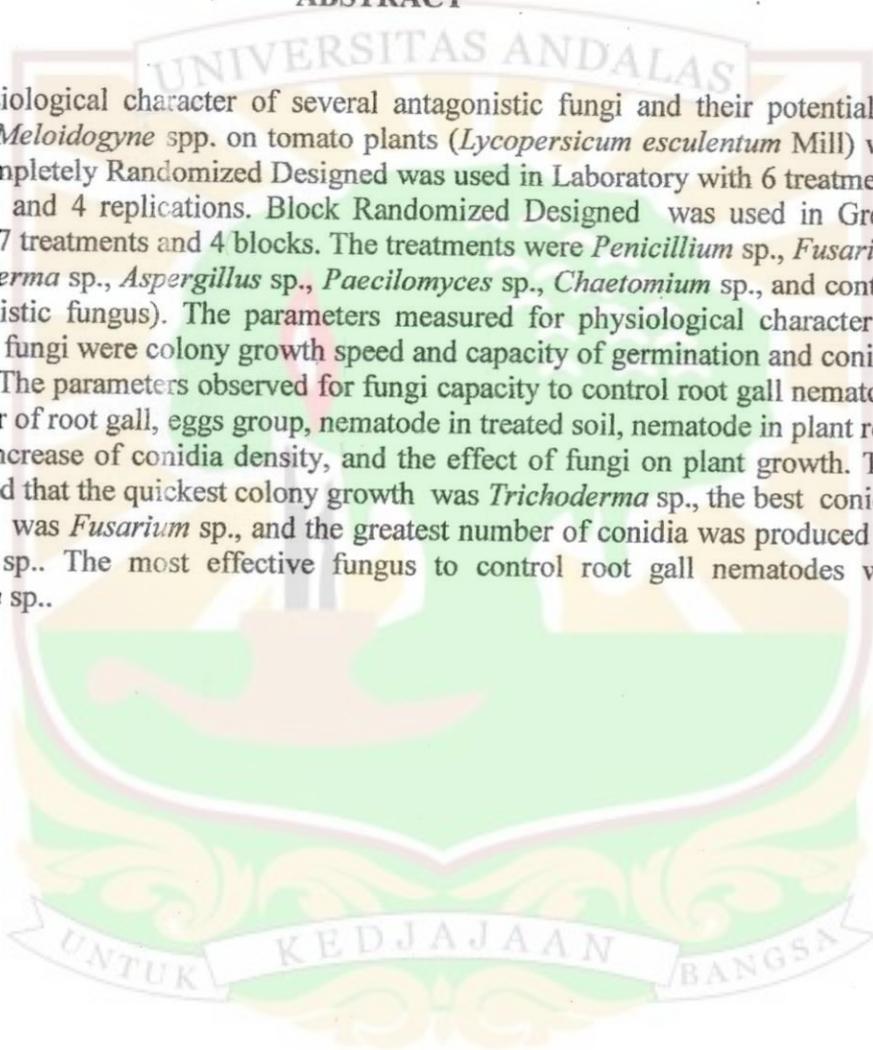
Penelitian dengan tujuan untuk mengetahui karakter fisiologis dan kemampuan jamur antagonis dalam mengendalikan *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) telah dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang dari bulan Juli sampai September 2010. Rancangan yang digunakan di Laboratorium adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan (tanpa kontrol) dan 4 ulangan dan di Rumah Kaca adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 7 perlakuan dan 4 kelompok. Perlakuan dalam penelitian ini adalah jamur anyagonis, yaitu tanpa jamur antagonis (kontrol), *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Paecilomyces* sp., dan *Chaetomium* sp.. Pengamatan untuk karakter fisiologis jamur antagonis adalah laju pertumbuhan koloni, daya kecambah konidia dan jumlah konidia. Pengamatan untuk kemampuan jamur mengendalikan NBA adalah jumlah bengkak akar, jumlah kelompok telur, jumlah nematoda dalam tanah sampel, jumlah nematoda dalam jaringan akar tanaman, peningkatan kepadatan konidia dan tinggi tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pertumbuhan koloni yang paling cepat adalah jamur *Trichoderma* sp., daya kecambah konidia yang paling baik adalah jamur *Fusarium* sp., dan jumlah konidia yang paling banyak dihasilkan oleh jamur *Aspergillus* sp.. Jamur yang paling efektif dalam mengendalikan NBA adalah *Chaetomium* sp..



**PHYSIOLOGICAL CHARACTER OF SEVERAL ANTAGONISTIC FUNGI
AND THEIR POTENTIAL IN CONTROLLING ROOT GALL NEMATODE
(*Meloidogyne* spp.) ON TOMATO PLANT (*Lycopersicum esculentum* Mill)**

ABSTRACT

Physiological character of several antagonistic fungi and their potential in controlling *Meloidogyne* spp. on tomato plants (*Lycopersicum esculentum* Mill) was studied. Completely Randomized Designed was used in Laboratory with 6 treatments (no control) and 4 replications. Block Randomized Designed was used in Green House with 7 treatments and 4 blocks. The treatments were *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Paecilomyces* sp., *Chaetomium* sp., and control (no antagonistic fungus). The parameters measured for physiological character of antagonistic fungi were colony growth speed and capacity of germination and conidia production. The parameters observed for fungi capacity to control root gall nematode were number of root gall, eggs group, nematode in treated soil, nematode in plant root tissue, the increase of conidia density, and the effect of fungi on plant growth. The result showed that the quickest colony growth was *Trichoderma* sp., the best conidia germination was *Fusarium* sp., and the greatest number of conidia was produced by *Aspergillus* sp.. The most effective fungus to control root gall nematodes was *Chaetomium* sp..



I. PENDAHULUAN

Faktor pembatas dalam keberhasilan produksi tomat di lapangan adalah serangan penyakit yang menyerang tanaman sewaktu dibudidayakan di lahan pertanaman. Penyakit dan penyebab penyakit yang sering ditemukan di lahan adalah penyakit *late blight* yang disebabkan jamur *Phytophthora infestan*, *Early blight* yang disebabkan oleh jamur *Alternaria solani*, bercak coklat oleh jamur *Septoria lycopersici*, penyakit yang disebabkan oleh virus dan bengkak akar yang disebabkan oleh nematoda *Meloidogyne* spp (Hadiaty, 1987 cit. Irawaty, 2007).

Nematoda Bengkak Akar (NBA) dengan nama ilmiah *Meloidogyne* spp. merupakan salah satu penghambat terpenting dalam keberhasilan budidaya tanaman pertanian penting di daerah tropik dan sub tropik. Nematoda ini memiliki siklus hidup yang pendek, perkembangbiakan yang cepat, dan populasi yang tinggi sehingga mampu menimbulkan kerusakan yang hebat pada lahan dengan tanaman rentan (Luc, Sikora dan Bridge, 1995). Penurunan produksi akibat serangan nematoda bisa lebih dari 50 %, jika nematoda menyerang tanaman yang masih muda, populasi yang tinggi mengakibatkan lahan hancur dan gagal panen (Pracaya, 1999).

Berbagai cara dapat dilakukan untuk mengendalikan NBA antara lain pengendalian secara fisik dengan menaikkan suhu tanah dengan menggunakan mulsa plastik dan mengalirkan uap panas melalui pipa pada lahan yang akan digunakan sehingga nematoda tidak bisa bertahan di dalamnya, teknik budidaya dengan cara mengatur jarak tanam, pola tanam, rotasi tanaman, penggenangan lahan dan pemberoan lahan, penggunaan varietas toleran serta secara kimiawi menggunakan nematisida. Penggunaan nematisida merupakan cara paling banyak digunakan oleh petani. Penggunaan nematisida dalam menekan populasi nematoda menimbulkan beberapa efek samping diantaranya dapat membunuh fauna tanah dan mengurangi tersedianya nitrogen bagi tanaman (Dropkin, 1980).

Salah satu teknik pengendalian yang ramah lingkungan adalah pengendalian hayati yang dapat berlangsung secara alami atau dibantu oleh manusia dengan jalan mengintroduksi agensia hayati, sehingga berlangsung mekanisme antagonistik untuk menekan jasad patogenik. Agensia antagonis yang sudah

banyak diteliti adalah golongan jamur. Tipe aktivitas antagonistik jamur berupa kompetisi, antibiosis, parasitisme dan lisis, terhadap nematoda aktivitas antagonistik yang utama berupa gangguan mekanik dan pemecahan enzimatis pada beberapa struktur nematoda seperti kulit telur dan kutikula larva. Selain itu, pengaruh metabolit jamur beracun terhadap nematoda (Molina dan Davide, 1986)

Ditemukan 5 genus jamur antagonis dari rizosfir pertanaman tomat, yaitu *Hyalofloare*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Scitalidium*, dan *Paecilomyces* yang dapat mengkolonisasi nematoda *Meloidogyne* spp. dan menekan populasi nematoda dalam akar dan tanah (Adnan, 1991). Hasil penapisan jamur dari tanah rizosfir pertanaman tomat di nagari Alahan Panjang, Kabupaten Solok dan nagari Padang Laweh, Kabupaten Agam ditemukan 6 genus jamur antagonis yaitu *Fusarium* sp., *Chaetomium* sp., *Penicillium* sp., *Paecilomyces* sp., *Aspergillus* sp., dan *Trichoderma* sp.. Keenam jamur tersebut telah dikarakter morfologi secara makroskopis dan mikroskopis serta telah diperlakukan pada telur NBA maka didapatkan sifat jamur seperti berikut, jamur yang bersifat parasit terhadap *Meloidogyne* sp. adalah jamur *Paecilomyces* sp. dan *Fusarium* sp., jamur penghasil senyawa nematisida yang dapat merusak telur nematoda adalah jamur *Chaetomium* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., dan *Trichoderma* sp. (Andarini, 2009).

Penelitian tersebut masih pada tahap karakter morfologi maka penulis tertarik untuk mengkarakter jamur antagonis tersebut secara fisiologi dan memperlakukannya pada tanaman tomat yang diinokulasi dengan telur NBA supaya didapatkan sifat-sifat yang unggul sehingga jamur antagonis ini bisa dikembangkan sebagai agensia pengendali hayati. Oleh karena itu, penulis telah melaksanakan penelitian yang berjudul **“Karakter fisiologis beberapa jamur antagonis dan kemampuannya untuk mengendalikan nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.) pada tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill)”**. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakter fisiologis dan kemampuan jamur antagonis dalam mengendalikan *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nematoda Bengkak Akar (*Meloidogyne* spp.)

Nematoda parasit pada tumbuhan pertamakali ditemukan oleh Tubervill Needham tahun 1743 di Inggris pada biji gandum yang tampak tidak normal dengan gejala adanya kerutan di permukaan biji. Setelah biji dipecah ternyata ditemukan adanya bentuk serabut berwarna putih menyerupai benang, bahan ini ditetesi dengan air dan diamati dengan mikroskop ternyata dapat bergerak. Setelah dilakukan identifikasi ternyata binatang tersebut adalah nematoda yang kemudian dikenal dengan nama *Anguina tritici* (Winarto, 2008).

Tahun 1855 ditemukan nematoda *Meloidogyne* oleh Berkeley di Inggris pada akar mentimun yang menunjukkan gejala bengkak akar. Nematoda *Ditylenchus dipsaci* ditemukan pada umbi bawang oleh Kuehn. Kemudian pada tahun 1887 di Brasil ditemukan juga *Meloidogyne exigua* pada akar tanaman kopi dengan gejala bengkak akar (Winarto, 2008).

Nematoda merupakan penyebab penyakit penting di areal pertanian di dunia baik di daerah tropik maupun subtropik dan mempunyai inang bermacam-macam tanaman. *Meloidogyne* dapat diartikan sebagai betina menyerupai apel atau labu. Nematoda ini dikenal juga dengan nama nematoda bengkak akar atau juga disebut nematoda puru akar (Winarto, 2008).

Sumber inokulum *Meloidogyne* spp. dapat berupa telur, larva dan imago. Infeksi dapat disebarkan dari lahan terinfeksi ke lahan yang belum terinfeksi. Penyebaran nematoda dapat terjadi melalui aliran air tanah, manusia, binatang, alat-alat pertanian dan bibit atau bahan perbanyakan tanaman (Luc *et al*, 1995).

Taksonomi nematoda bengkak akar diklasifikasikan ke dalam Filum Nemata, Kelas Nematodea, Subkelas Secernentia, Ordo Tylenchida, Subordo Tylenchina, Superfamily Heteroderoidea, Family Meloidogynidae, Subfamily Meloidogynae, Genus *Meloidogyne* dan Spesies *Meloidogyne* spp (Christie, 1959).

Nematoda dapat dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu ektoparasit dan endoparasit. Nematoda ektoparasit adalah nematoda yang dalam mengambil makanan, tubuhnya tetap berada di luar jaringan tanaman dan hanya sebagian kecil yang masuk dalam jaringan tanaman. Sedangkan, nematoda endoparasit

adalah nematoda yang seluruh atau sebagian besar tubuhnya masuk atau berada di dalam jaringan tanaman. *Meloidogyne* termasuk ke dalam golongan nematoda endoparasit menetap yaitu nematoda selama siklus hidupnya mengambil makanan pada jaringan akar dan seluruh tubuhnya berada di dalam jaringan (Luc *et al*, 1995).

Nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.) merupakan parasit tanaman yang dapat menyerang tanaman budidaya baik itu tanaman pangan, hortikultura, maupun tanaman perkebunan dengan tingkat serangan yang berbeda-beda. Gejala khas akibat serangan *Meloidogyne* spp. yaitu terbentuknya puru akar pada tanaman yang diserangnya, ujung akarnya dapat mati sehingga pertumbuhannya terhenti (Christie, 1959).

Pengaruh infeksi nematoda dapat menyebabkan kerusakan lokal pada sel tempat terjadinya infeksi dan berpengaruh pada seluruh jaringan tanaman. Pertumbuhan tanaman kerdil, daun kecil-kecil, tajuk tidak berkembang dan cepat layu merupakan gejala umum terserang nematoda. Jumlah nematoda sedikit, tidak akan menimbulkan kerusakan dan jumlah nematoda banyak, akan menimbulkan kerusakan berat bahkan dapat mematikan. Tingkat kerusakan yang ditimbulkannya tergantung kepada kondisi stres seperti kekeringan, kekurangan unsur hara atau adanya serangan patogen lain. Disamping itu, nematoda akan menambah stres dan tanaman yang diserangnya dapat menjadi lebih parah bahkan bisa mati, jika serangan terjadi pada saat pertumbuhan tanaman baik maka tanaman masih tetap hidup (Winarto, 2008).

Infeksi nematoda pada akar tanaman dapat mengubah penyerapan mineral. Perubahan tersebut bersifat spesifik untuk tiap jenis nematoda dan tanaman. Tanaman yang terinfeksi oleh *Meloidogyne* ternyata dapat meningkatkan unsur N, K, Mn, dan Cu dibandingkan dengan akar tanaman yang tidak terinfeksi. Infeksi nematoda juga menyebabkan terjadinya perubahan pada senyawa organik. Kandungan karbohidrat berupa konsentrasi polisakarida seperti selulosa mengalami penurunan sedangkan kandungan asam nukleat serta asam amino (protein) terjadi peningkatan. Sel-sel dalam bengkak juga lebih banyak membentuk protein daripada sel-sel yang sehat (Winarto, 2008).

Siklus hidup *Meloidogyne* spp. meliputi telur, empat tahap larva dan dewasa. Telur berisi larva tahap pertama, larva ini berkembang dan berganti kulit, telur menetas dan larva keluar menjadi larva tahap kedua, larva ini aktif bergerak untuk mendapatkan tanaman yang dikehendaki. Setelah menemukan sumber makanan yang cocok, larva berkembang dan berganti kulit menjadi larva tahap ketiga, kemudian berkembang dan berganti kulit lagi menjadi larva tahap keempat. Pada pergantian kulit yang ketiga dan keempat biasanya terbentuk alat kelamin. Setelah pergantian kulit keempat larva menjadi dewasa (Agrios, 1997).

Nematoda betina dewasa berbentuk membengkak seperti buah pear yang merupakan ciri spesifik dari *Meloidogyne*. Panjang betina dewasa adalah 0,44 – 1,30 mm dengan lebar kira-kira 0,325-0,700 mm. Stilet panjangnya 12-15 μm , melengkung ke arah dorsal dan mempunyai pangkal knop yang jelas. Betina mempunyai esofagus dengan metakorpus bulat dan sangat jelas serta mempunyai lembaran berbentuk bulan sabit. Kelenjar esofagus membesar menyatu dekat dengan metakorpus, dan tumpang tindih dengan usus. Larva infeksius berbentuk memanjang seperti nematoda pada umumnya dengan panjang 280-500 μm , panjang stilet 10 μm dengan basal knop yang membulat dan semakin dewasa mengalami perubahan bentuk, dinding tubuh lunak dan berwarna putih transparan. Nematoda ini bersifat endoparasit yang menetap dan telur diletakkan pada permukaan bengkak dalam suatu masa telur yang diselimuti oleh gelatin. Nematoda jantan berbentuk sama seperti larva infeksius dengan ukuran panjang 1.200-1.500 μm dan diameter 30-35 μm (Winarto, 2008).

Lama siklus hidup dan jumlah generasi yang dihasilkan dalam satu musim sangat dipengaruhi oleh suhu. Suhu optimum nematoda untuk menyelesaikan siklus hidupnya berbeda-beda. *Meloidogyne javanica* pada suhu 26-27°C siklus hidupnya selama 21-25 hari sedangkan pada suhu 14-16°C siklus hidupnya sampai 50-60 hari. Nematoda betina dapat terus-menerus menghasilkan telur selama 2-3 bulan kemudian tidak lama akan mati. Nematoda jantan dewasa dapat hidup di tanah kira-kira hanya sekitar 2 minggu. Lama ketahanan larva tahap II infeksius dalam tanah bervariasi dari beberapa hari sampai beberapa bulan tergantung pada cadangan makanan di dalam tubuhnya untuk pergerakan maupun infeksi (Luc *et al*, 1995).

Mekanisme terbentuk bengkak dimulai dari masuknya nematoda ke dalam akar melalui bagian-bagian yang terletak dekat tudung akar. Nematoda mengeluarkan suatu enzim yang dapat menguraikan dinding sel tumbuhan terutama terdiri dari protein dan polisakarida. Bahan-bahan penyusun dinding sel akan terurai, maka dinding sel akan rusak dan terjadi luka-luka dan selanjutnya nematoda akan bergerak diantara sel-sel menuju jaringan sel yang cukup mengandung cairan makanan kemudian menetap dan berkembang biak. Setelah itu nematoda mengeluarkan enzim proteolitik dan melepaskan IAA (Indol Asetic Acid) yang diduga membantu terbentuknya gall (Sastrahidayat, 1986).

Bengkak pada tanaman tomat akan terjadi dalam waktu 24-48 jam setelah larva masuk ke dalam jaringan tanaman, kemudian setelah 4-5 hari terbentuk sel raksasa di sekitar kepala nematoda (Dropkin, 1996). Akar yang bengkaknya kecil-kecil terdapat satu nematoda dengan satu kelompok telur nematoda betina dewasa, sedangkan pada bengkak akar yang lebih besar terdapat lebih dari satu ekor nematoda betina dewasa (Taylor dan Sasser, 1978). Nematoda bengkak akar dapat dikategorikan sebagai parasit penting yang perlu mendapat perhatian yang serius karena nematoda bengkak akar memiliki beberapa sifat hidup yang spesifik antara lain inangnya banyak dan mampu berinteraksi dengan berbagai jenis patogen (Taylor dan Sasser, 1978).

2.3 Karakteristik Fisiologi dan Kemampuan Jamur Antagonis

Daya kecambah konidia merupakan salah satu kriteria dalam memilih isolat yang akan dikembangkan sebagai bioinsektisida dan daya kecambah konidia pada media SDA (*Sabouraud Dextrose Agar*) harus di atas 90% (Jenkin's, Hevievo, Langewald, Cherry dan Lomer, 1998). Akan tetapi, Kassa (2003) mengemukakan bahwa cendawan yang memiliki daya kecambah konidia di atas 80% telah memenuhi syarat untuk dikembangkan sebagai bioinsektisida. Kondisi lingkungan seperti suhu juga mempengaruhi perkecambahan konidia jamur *Metharizium* spp. temperatur maksimum untuk perkecambahan konidia adalah 25–30°C, walaupun beberapa laporan menyebutkan bahwa jamur masih dapat tumbuh pada temperatur yang lebih dingin (Bidochka, Kamp dan Cross, 2000).

Kemampuan sporulasi atau produksi konidia juga dapat digunakan sebagai indikator isolat yang virulen. Isolat virulen memiliki kemampuan sporulasi yang lebih baik daripada isolat yang avirulen (Rusli dan Trizelia, 2009). Jamur dikatakan efektif, baik kualitas maupun kuantitasnya apabila jamur menunjukkan laju pertumbuhan yang cepat dan kemampuan menghasilkan spora yang tinggi dan menyukai suasana yang asam (Patandungan, Tanjung dan Kamarea, 2009). Sporulasi *Beauveria bassiana* sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, kelembaban, nutrisi, kandungan asam (pH), kandungan air, respirasi O₂ dan CO₂ yang tidak bebas (Patandungan *et al*, 2009).

Jamur nematofagus secara umum dapat tumbuh pada suhu 20-30°C, kelembaban 90% dan pH sedikit asam, memerlukan oksigen dan sedikit mineral. Jamur perangkap *Arthrobotrys oligospora* mempunyai suhu optimal 25°C, pH 5-6, kelembaban 90% kadar oksigen murni 100% atau normalnya 21% untuk dapat membuat perangkap secara optimal (Barron, 1977). Jamur jenis ini mempunyai kemampuan untuk mengendalikan pertumbuhan nematoda dengan cara sebagai predator, endoparasit, dan pembuat toksin. Jamur ini merupakan jamur tanah, tumbuh pada iklim sedang dan bersifat saprofit yang banyak ditemukan pada kotoran ternak, sampah, kompos dan sisa-sisa pertanian (Larsen *et al*, 1991).

Jamur antagonis membunuh nematoda dengan cara membuat perangkap larva infeksi, menjadi endoparasit pada larva, melakukan penetrasi pada larva betina dan telur serta membunuh larva dengan toksinnya (Mustika dan Zainuddin, 2004). Tanaman lada yang ditanam pada pot berisi 50 kg tanah kemudian diinokulasikan 500 ekor *R. Similis* per pot lalu diintroduksi dengan jamur *Arthrobotrys*, *Dactylaria*, dan *Dactylella* dalam bentuk biakan jagung sebanyak 150 g/pot/6 bulan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menekan populasi nematoda (Mustika *et al*, 1997). *Paecilomyces fumosoroseus* dan *P. lilacinus* mampu menurunkan jumlah larva tahap kedua *Meloidogyne* spp. pada tanah karena jamur ini menyerang telur-telur nematoda dan terkadang juga menyerang nematoda betina dewasa (Dube dan Smart, 1987).

2.4 Mekanisme Antagonis Jamur terhadap Nematoda

Pengendalian jamur patogen pada tanah secara hayati umumnya terjadi dengan mekanisme antagonisme. Antagonisme yaitu peristiwa dimana organisme yang satu menghambat pertumbuhan organisme yang lain dengan cara: 1) kompetisi, 2) antibiosis, 3) parasitisme dan 4) lisis. Akibat yang ditimbulkan oleh adanya antagonisme tersebut adalah: 1) habisnya persediaan bahan makanan bagi organisme lain, 2) terjadinya perubahan keseimbangan konsentrasi makanan yang dibutuhkan organisme tersebut, 3) terjadinya pergeseran pH optimum dan 4) terhambatnya pertumbuhan karena adanya zat-zat yang bersifat toksin yang dihasilkan organisme tersebut (Wolf dan Wolf, 1969 *cit.* Djafaruddin, 2000).

Baker (1968) *cit.* Adnan (1991), mengelompokkan antagonisme dalam tiga kategori, yaitu: 1) eksploitasi yang terdiri dari predasi dan parasitisme, 2) antibiosis, dan 3) kompetisi. Eksploitasi merupakan suatu hubungan yang menguntungkan suatu organisme tetapi merugikan organisme lain. Antibiosis adalah kemampuan organisme tertentu untuk menghasilkan antibiotika yang dapat menghambat pertumbuhan atau merusak organisme lain. Kompetisi antarorganisme merupakan keadaan umum yang terjadi di dalam tanah, karena sangat terbatasnya faktor-faktor pendukung kehidupan dan pertumbuhannya.

Mekanisme pengendalian hayati terhadap patogen tanaman sangat kompleks dan dapat terjadi di banyak tempat. Perkembangan patogen tanaman dapat ditekan oleh peristiwa yang dapat mengurangi tingkat potensial inokulum patogen di lingkungan atau karena persaingan dan interaksi patogen dengan organisme lainnya (Campbell, 1989). Jamur sebagai antagonis paling banyak mendapat perhatian para peneliti, mungkin karena lebih mudah dikelola dan diidentifikasi daripada organisme sebagai spesies yang diketahui sebagai antagonis nematoda, namun fungi nematofag telah banyak memberikan sumbangan dalam penelitian pengendalian nematoda parasit tumbuhan (Adnan, 1991).

Tipe aktivitas antagonistik fungi terhadap nematoda terutama berupa gangguan mekanik dan pemecahan enzimatik pada beberapa struktur nematoda seperti kulit telur dan kutikula larva, terdapat juga adanya pengaruh metabolit fungi yang beracun terhadap nematoda (Molina dan Davide, 1986). Jamur antagonis dalam tanah yang dapat menyerang larva dan telur nematoda terdapat

sekitar 70 genus dan 160 spesies (Elshafie *et al*, 2006). Menurut Mustika dan Zainuddin (2004), kelompok jamur antagonis yang potensial antara lain jamur nematofagus yang meliputi jamur parasit telur, larva maupun nematoda dewasa dan juga jamur predator terhadap nematoda.

Pengamatan mekanisme antagonis ternyata jamur *Fusarium* sp. sebagai parasit telur *Meloidogyne* spp. pada awal parasitisme konidia menempel pada telur lama-kelamaan konidia berkecambah dan membentuk miselium/koloni pada telur. Jamur *Paecilomyces* sp. juga sebagai parasit telur *Meloidogyne* spp. dimana *Paecilomyces* sp. mampu membentuk koloni pada telur nematoda. Hifa jamur melakukan penetrasi pada telur dan berkembang membentuk miselia/koloni pada telur nematoda (Andarini, 2009).

Filtrat isolat jamur *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., dan *Chaetomium* sp. dapat merusak telur nematoda sehingga telur tidak bisa menetas atau berkembang menjadi larva. Hal ini disebabkan karena jamur-jamur tersebut menghasilkan senyawa atau zat nematisida yang apabila dikeluarkan dan mengenai telur nematoda maka telur tersebut akan rusak dan tidak menetas (Andarini, 2009).

2.5 Jamur-jamur Antagonis terhadap Nematoda Bengkak Akar

2.5.1 Jamur *Penicillium* sp.

Taksonomi jamur *Penicillium* sp. tergolong dalam filum Deuteromycota kelas Deuteromycetes, ordo Moniliales, famili Moniliaceae, dan genus *Penicillium* (Alexopoulos, Mims dan Blackwell, 1996).

Penicillium sp. tergolong dalam jamur yang menghasilkan antibiotik, yaitu penicillin. Metabolit yang terdapat pada jamur *Penicillium* sp. selain digunakan untuk pencegahan penyakit pada manusia juga dapat digunakan untuk patogen tanaman. Jamur ini dapat ditemukan pada tanah, tanaman yang roboh dan busuk. Jamur ini dapat menimbulkan infeksi pada organisme lain dan bersifat antagonis (Setyowati, 2003).

Bentuk makroskopis dari koloni jamur *Penicillium* sp. adalah pertumbuhannya cepat, datar, berserabut, koloni awalnya adalah putih dan berubah menjadi biru kehijauan, abu-abu kehijauan, kadang-kadang kuning atau kemerah-merahan, jika biakan tersebut dibalikkan biasanya berwarna kuning

pucat. Bentuk mikroskopisnya yaitu hifa hialin, bersekat, konidiofor bercabang, memiliki konidia yang berbentuk bulat, uniseluler (Singh, Jens, Thrane, dan Mathur, 1991).

2.5.2 Jamur *Fusarium* sp.

Fusarium merupakan jamur yang termasuk dalam kelompok jamur yang tidak sempurna dalam subdivisi Deuteromycotina, kelas Deuteromycetes, subkelas Hyphomycetidae, ordo Moniliales, famili Tuberculariaceae, genus *Fusarium* (Alexopoulos *et al.*, 1996).

Perkembangan jamur ini membentuk 2 macam konidia yaitu mikrokonidia dan makrokonidia. Mikrokonidia merupakan konidia yang paling banyak dihasilkan, bersel satu atau bersel dua, tidak bersepta, bentuk bulat telur. Makrokonidia membentuk bulan sabit, kedua ujung meruncing, terdiri dari beberapa sel dengan dua sampai empat sekat. Jamur ini tidak mempunyai konidiofor tetapi mempunyai fialid (Sastrahidayat, 1986).

Selain menghasilkan makrokonidia dan mikrokonidia *Fusarium* sp. juga dapat membentuk klamidospora yaitu spora yang berdinding tebal, bulat, terdiri dari satu atau dua klamidospora. Klamidospora biasanya dihasilkan di dalam makrokonidia atau miselium yang telah tua (Sastrahidayat, 1986).

2.5.3 Jamur *Trichoderma* spp.

Trichoderma merupakan salah satu jamur tanah yang termasuk dalam kelompok jamur yang tidak sempurna dalam filum Deuteromycota, kelas Deuteromycetes, ordo Moniliales, famili Moniliaceae, dan genus *Trichoderma* (Alexopoulos *et al.*, 1996).

Jamur *Trichoderma* dapat ditemui pada hampir semua jenis tanah dari berbagai habitat. Jamur ini dapat berkembang biak dengan cepat pada daerah perakaran dan mampu menyerang jamur lain sehingga jamur ini dapat berperan sebagai *bio-control* dan memperbaiki pertumbuhan tanaman (Setyowati, 2003).

Jamur *Trichoderma* dalam media biakan berwarna kehijauan hingga hijau gelap, mempunyai hifa yang bersepta, dinding/permukaan halus, bercabang banyak dan percabangan hifa membentuk sudut siku-siku pada cabang utama. Konidiofor membentuk suatu kelompok yang agak longgar pada ujung konidiofor terbentuk fialid yang berjumlah satu sampai lima, berbentuk pendek. Ujung fialid

terdapat konidia berbentuk bulat atau elips, dan berwarna hijau terang atau hijau muda sampai hijau tua (Rifai, 1969).

Berdasarkan hasil penelitian Adnan (1991), menyatakan bahwa jamur *Trichoderma* spp mempunyai potensi untuk digunakan sebagai agen pengendali hayati pada nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp). *Trichoderma* spp. dapat menekan populasi akhir *Meloidogyne* spp. tahap 2 pada tanaman tomat varietas Intan sebesar 22% dengan lama perendaman 48 jam.

2.5.4 Jamur *Aspergillus* sp.

Jamur *Aspergillus* sp. tergolong kepada filum Deuteromycota kelas Deuteromycetes, ordo Moniliales, famili Moniliaceae, genus *Aspergillus* (Alexopoulos *et al*, 1996).

Jamur ini umumnya ditemukan di tanah dari rizosfir tanaman pertanian. Koloni *Aspergillus* dapat tumbuh sekitar 3-6 hari pada suhu ruang dengan koloni berwarna kuning sampai kuning kehijauan dan hijau. Bentuk mikroskopis dari jamur ini adalah mempunyai hifa yang berseptata, mempunyai vesicle yang besar dan bulat. Konidiofor tegak, ujung konidiofor membengkak membentuk vesicle. Pada permukaan vesicle ditutupi fialid yang menghasilkan konidia. Konidia tersusun 1 sel, globus, memiliki warna yang beragam dan tersusun berantai (Singh *et al*, 1991).

2.5.5 Jamur *Paecilomyces* sp.

Taksonomi jamur *Paecilomyces* sp. tergolong dalam filum Deuteromycota. Kelas Deuteromycetes, ordo Moniliales, famili Moniliaceae, dan genus *Paecilomyces* (Barnett dan Hunter, 1972).

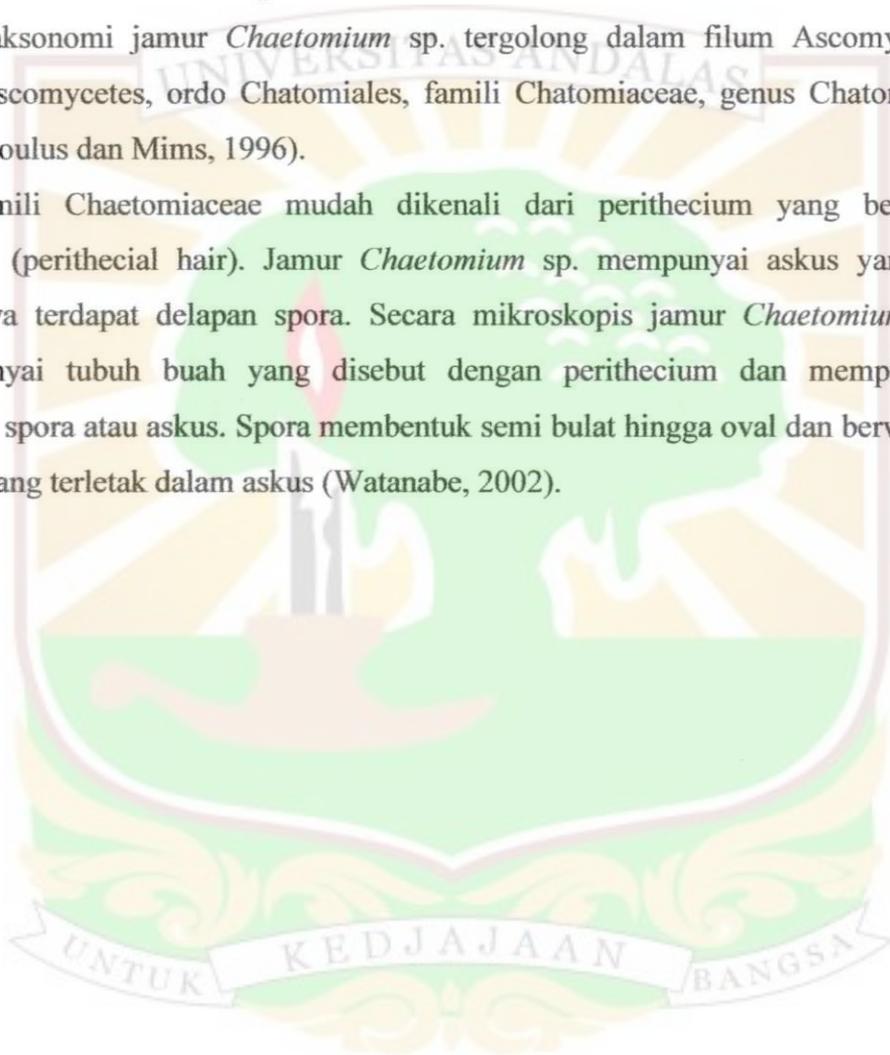
Paecilomyces merupakan jamur yang dapat ditemukan baik di tanah, sisa-sisa tanaman (tanaman yang lapuk), maupun pada makanan. Jamur ini dapat menyebabkan pencemaran dan penyebab infeksi pada organisme lain (Setyowati, 2003). Jamur ini dapat digunakan sebagai agen *bio-control* untuk mengendalikan nematoda bengkak akar. Jamur ini memproduksi enzim protease dan kitinase yang dapat merusak dinding telur nematode, kemudian hifa tumbuh dan berkembang pada permukaan telur (Samsons, 1974).

Koloni *Paecilomyces* secara makroskopis tampak berwarna kuning kecokelatan dengan tekstur berbuk. Konidiofor muncul dari hifa aerial, memiliki 2-7 fialid dan membentuk susunan berkarang. Fialid *Paecilomyces* memiliki formasi yang lebih renggang dan ujung/leher yang lebih panjang dibandingkan pialid pada *Penicillium*. Konidia tersusun 1 sel, transparan, tersusun membentuk rantai basipetal yang panjang (Barnett dan Hunter, 1972).

2.5.6 Jamur *Chaetomium* sp.

Taksonomi jamur *Chaetomium* sp. tergolong dalam filum Ascomycota, kelas Ascomycetes, ordo Chaetomiales, famili Chaetomiaceae, genus Chaetomium (Alexopoulos dan Mims, 1996).

Famili Chaetomiaceae mudah dikenali dari perithecium yang berbulu panjang (perithecial hair). Jamur *Chaetomium* sp. mempunyai askus yang di dalamnya terdapat delapan spora. Secara mikroskopis jamur *Chaetomium* sp. mempunyai tubuh buah yang disebut dengan perithecium dan mempunyai kantung spora atau askus. Spora membentuk semi bulat hingga oval dan berwarna coklat yang terletak dalam askus (Watanabe, 2002).



III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang dari bulan Juli sampai September 2010. Jadwal penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat jamur hasil penelitian Andarini (2009), akar tanaman tomat yang terserang Nematoda Bengkak Akar (NBA) yang diambil dari Alahan Panjang, benih tomat (Varietas Marta), tanah, pasir dan kompos yang disterilkan, akuades steril, alkohol, larutan Natrium Hipoklorit, medium *Potato Dextrosa Agar* (PDA), *Saaborand's Dextrose Yeast Extract* (SDAY), *acid fchsin lactophenol*, kapas, aluminium foil, kertas tissue, kertas saring, kertas label, plastik wrap, dan lain-lain.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas piala, gelas ukur, batang pengaduk, labu *Erlenmeyer*, kompor listrik, *autoclave*, cawan petri, tabung reaksi, oven, *laminary air flow*, bunsen, jarum ose, kaca objek, kaca penutup, pipet, mikro pipet, mikroskop *stereobinokuler*, *cork borer*, mistar, *haemocytometer*, pinset, corong *Baerman* yang telah dimodifikasi, lup, *hand tally counter*, alat tulis, dan lain-lain.

3.3 Metode Penelitian

Di Laboratorium menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan (tanpa kontrol) dan 4 ulangan. Di Rumah Kaca menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas 7 perlakuan dan 4 kelompok. Perlakuan dalam penelitian di rumah kaca menggunakan jamur antagonis, yaitu

A = Kontrol (Tanpa Jamur Antagonis)

B = *Penicillium* sp.

C = *Fusarium* sp.

D = *Trichoderma* sp.

E = *Aspergillus* sp.

F = *Paecilomyces* sp.

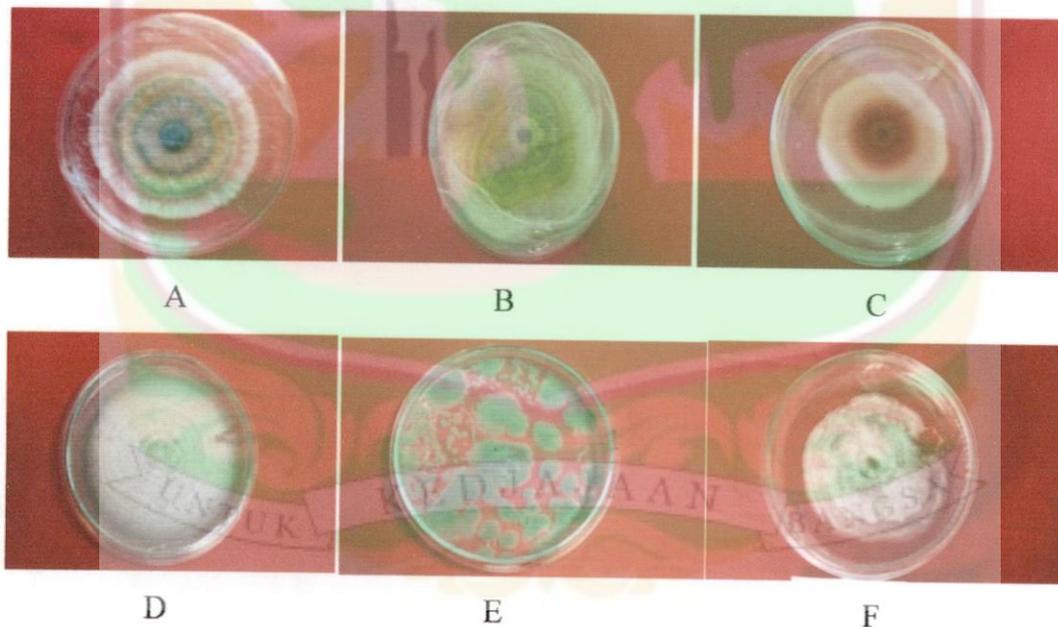
G = *Chaetomium* sp.

Denah penelitian di Laboratorium dapat dilihat pada Lampiran 2. dan denah penelitian di Rumah Kaca dapat dilihat pada Lampiran 3. hasil pengamatan laju pertumbuhan koloni ditampilkan dalam bentuk gambar, hasil pengamatan daya kecambah konidia, jumlah konidia serta hasil pengamatan untuk kemampuan mengendalikan NBA dianalisis secara sidik ragam, apabila berbeda nyata diuji lanjut dengan Duncans New Multiple Range Test (DNMRT) pada taraf 5 %.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Peremajaan jamur antagonis

Jamur antagonis yang akan digunakan adalah jamur hasil penelitian Andarini (2009). Peremajaan jamur dilakukan dengan cara mengambil sedikit biakan jamur dari media agar miring menggunakan jarum ose lalu dipindahkan ke dalam cawan petri yang telah berisi media PDA dan diinkubasi selama 10 hari pada suhu kamar. Setelah jamur murni dan memenuhi cawan petri maka dilakukan pengamatan karakter fisiologis jamur antagonis. Hasil peremajaan jamur antagonis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Jamur Antagonis sebagai Perlakuan A. *Trichoderma* sp., B. *Aspergillus* sp., C. *Fusarium* sp., D. *Chaetomium* sp., E. *Penicillium* sp. dan F. *Paecilomyces* sp..

3.4.2 Karakterisasi fisiologi jamur antagonis

a. Laju pertumbuhan koloni

Laju pertumbuhan koloni ditentukan dengan cara mengambil potongan agar dari miselium jamur pada media PDA dari masing-masing jamur antagonis yang berumur 10 hari dengan menggunakan *Cork Borer* berdiameter 0,5 mm ditanamkan pada bagian tengah medium SDAY dalam cawan petri pada suhu kamar. Pengukuran diameter koloni dilakukan pada hari pertama setelah penanaman pada medium SDAY dengan menggunakan kertas millimeter, diameter koloni masing-masing jamur diukur setiap hari sampai hari ke-10 (Tuitte, 1969).

b. Daya kecambah konidia

Daya kecambah konidia dilakukan dengan menggunakan media SDAY pada metode *slide culture*, yaitu media dituang ke petri dan dibuat tipis, dibiarkan sampai dingin lalu dipotong berukuran 1x1 cm. Potongan agar diletakkan sebanyak 3 potong ke atas kaca objek, kemudian diteteskan 10 μ l suspensi konidia jamur antagonistik yang mengandung 10^6 konidia/ml dan dimasukkan ke dalam cawan petri steril yang diisi dengan kertas saring lembab dan diinkubasikan pada suhu kamar selama 18 jam. Setiap perlakuan diulang empat kali. Persentase kecambah dihitung dari 100 konidia dan konidia dinyatakan berkecambah apabila panjang tabung kecambah melebihi diameter konidia (Bae dan Guy, 2000).

c. Jumlah konidia

Perhitungan jumlah konidia masing-masing jamur antagonis dengan menggunakan jamur pada laju pertumbuhan koloni yang sudah berumur 10 hari. Pada biakan jamur dalam cawan petri ditambahkan 5 ml akuades steril lalu dipindahkan ke dalam *test tube* dan divorteks selama 5 menit, disaring dan diencerkan 4 kali. Konsentrasi konidia dari suspensi dihitung dengan *Haemocytometer* Neubaumer yang mempunyai ukuran 0,100 tiefe depth dan profondeur $0,0025 \text{ mm}^2$ dan rata-rata jumlah konidia per cawan petri dibandingkan antar isolat jamur (Hadioetomo, 1985).

3.4.3 Persiapan bibit dan media tanam untuk tanaman perlakuan

Campuran tanah, pasir dan kompos (volume 1:1:1 v/v) yang digunakan dalam penelitian ini disterilkan dengan oven menggunakan sistem *Tyndalisasi*,

yaitu pemanasan pada suhu 105°C selama 1 jam kemudian didinginkan selama 24 jam (1 hari) dan diulangi sampai 3 kali dengan proses yang sama, dua hari kemudian tanah dimasukkan ke dalam bak kecambah yang berukuran 50 x 30 cm dengan tinggi tanah di dalamnya setinggi 8 cm. Benih tomat (varietas Marta) disemai dalam bak kecambah dengan jarak 2 x 2 cm dan ditutupi dengan selapis tanah halus. Selanjutnya dilakukan pemeliharaan sampai bibit berumur 3 minggu untuk dipindahkan ke polybag sesuai perlakuan.

Media tanam untuk tanaman perlakuan dimasukkan ke dalam polybag yang masing-masing polybag diisi sebanyak 5 kg. Kemudian, pada tanah ini dimasukkan juga campuran dedak dan serbuk gergaji yang sudah disterilisasi sebanyak 45 g/polybag, yang berfungsi sebagai media perkembangan jamur dalam tanah.

3.4.4 Uji kemampuan jamur dalam mengendalikan NBA

a. Introduksi jamur antagonis

Jamur antagonis yang sudah dikarakter fisiologis diremajakan lagi pada media SDAY dan diinkubasikan selama 10 hari pada suhu kamar. Jamur yang berumur 10 hari dihitung kerapatannya dengan menggunakan *Haemocytometer* dengan rumus:

$$N1.V1 = N2.V2$$

Keterangan: N1 = populasi konidia/ml akuades steril

V1 = volume akuades pada larutan dasar

N2 = populasi inokulum yang diinginkan (10^8 konidia/ ml)

V2 = volume akuades yang digunakan

Hasil dari suspensi konidia jamur antagonis ini diintroduksi dengan menyuntikkan 2 ml suspensi konidia jamur ke dalam tanah. Introduksi dilakukan 7 hari sebelum inokulasi nematoda (Irawaty, 2007).

b. Inokulasi telur nematoda

Massa telur nematoda diambil dari akar tomat yang terserang NBA di Alahan Panjang. Akar dicuci bersih dan diamati massa telur nematoda di bawah mikroskop. Massa telur diambil dari akar yang bengkak dengan menggunakan lidi yang diruncingkan lalu dimasukkan ke dalam cawan petri dan ditambahkan akuades steril sebanyak 5 ml, untuk menguraikan lapisan gelatin massa telur maka

dimasukkan dalam larutan Natrium Hipoklorit 1% sebanyak 1 ml dan dikocok dengan lidi sehingga telur terpisah dari massa telur dan didapatkan suspensi telur.

Inokulasi nematoda menggunakan telur sebanyak ± 1000 telur/tanaman. Inokulasi dilakukan 7 hari setelah introduksi biakan jamur-jamur antagonis. Cara inokulasi nematoda dilakukan dengan meneteskan cairan yang berisi telur di sekitar perakaran tanaman tomat dengan menggunakan pipet.

c. Penanaman

Bibit tomat yang berumur 3 minggu dipindahkan pada polybag. Bibit yang dipindahkan adalah bibit yang baik dan tingginya seragam. Penanaman dilakukan 2 hari setelah inokulasi nematoda.

d. Pemeliharaan

Pemeliharaan yang dilakukan berupa penyiraman dan penyiangan. Penyiraman dilakukan sebanyak 2 kali sehari, yaitu pagi dan sore hari. Penyiangan dengan mencabut gulma-gulma yang tumbuh di sekitar tanaman tomat.

3.5 Pengamatan Penelitian

3.5.1 Karakteristik fisiologis jamur antagonis

Hasil pengamatan karakter fisiologis ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel.

a. Laju pertumbuhan koloni

Pengukuran laju pertumbuhan koloni dilakukan pada hari ke-1 setelah penanaman pada media SDAY dengan menggunakan mistar, diameter koloni masing-masing jamur diukur setiap hari sampai hari ke 10 (Tuitte,1969).

b. Daya kecambah konidia

Daya kecambah konidia diamati setelah diinkubasi selama 18 jam pada suhu kamar. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop dengan menggunakan perbesaran 300x. Persentase kecambah dihitung dari 100 konidia dan konidia dinyatakan berkecambah apabila panjang tabung kecambah melebihi diameter konidia (Bae dan Guy, 2000). Gambar pengamatan daya kecambah konidia dapat dilihat pada Lampiran 8.a.

c. Jumlah konidia

Perhitungan jumlah konidia masing-masing jamur antagonis dengan menggunakan biakan jamur pada laju pertumbuhan koloni yang sudah berumur 10 hari. Perhitungan dilakukan dengan menyiapkan suspensi konidia untuk kemudian dihitung dengan *Haemocytometer* dan dibandingkan antar isolat jamur (Hadioetomo, 1985). Gambar pengamatan jumlah konidia dengan *Haemocytometer* dapat dilihat pada Lampiran 8.b.

3.5.2 Uji kemampuan jamur dalam mengendalikan NBA

Hasil pengamatan ditampilkan dalam bentuk tabel.

a. Jumlah bengkak akar/tanaman

Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah bengkak akar pada akar tomat pada masing-masing perlakuan dengan bantuan lup dan *Hand Tally Counter*. Pengamatan jumlah bengkak akar (Lampiran 8.d) dilakukan 51 hari setelah inokulasi NBA pada saat tanaman tomat berumur 70 hari. Jumlah bengkak dari masing-masing perlakuan dihitung efektivitasnya dengan menggunakan rumus sebagai berikut,

$$E = \frac{K - P}{K} \times 100\%$$

K

Keterangan: E = Efektivitas

P = Perlakuan

K = Kontrol

(Sumber: Sivan dan Chet, 1986 dalam siregar, 2006).

b. Jumlah kelompok telur/tanaman

Penghitungan kelompok telur dilakukan bersamaan dengan penghitungan jumlah bengkak akar, dimana kelompok telur akan terlihat dengan jelas pada permukaan yang bengkak dengan bantuan lup. Penghitungan jumlah kelompok telur (Lampiran 8.d) dilakukan 51 hari setelah inokulasi NBA pada saat tanaman tomat berumur 70 hari. Jumlah kelompok telur dari masing-masing perlakuan dihitung efektivitasnya dengan menggunakan rumus sebagai berikut,

$$E = \frac{K - P}{K} \times 100\%$$

K

Keterangan: E = Efektivitas

P = Perlakuan

K = Kontrol

(Sumber: Sivan dan Chet, 1986 dalam siregar, 2006).

c. Jumlah nematoda dalam jaringan akar tanaman

Perhitungan nematoda dalam jaringan akar dilakukan dengan metoda pewarnaan, zat warna yang digunakan adalah *acid fuchsin lactophenol* dan asam asetat (Hussey, 1975). Cara pewarnaan dapat dilihat pada Lampiran 5. jumlah nematoda dalam jaringan akar tanaman dari masing-masing perlakuan dihitung efektivitasnya dengan menggunakan rumus sebagai berikut,

$$E = \frac{K - P}{K} \times 100\%$$

K

Keterangan: E = Efektivitas

P = Perlakuan

K = Kontrol

(Sumber: Sivan dan Chet, 1986 dalam siregar, 2006).

d. Jumlah nematoda dalam tanah sampel

Menghitung nematoda dalam tanah perakaran tanaman dilakukan dengan metode ekstraksi tanah menggunakan corong *Baermann* yang dimodifikasi, dengan mengambil 300 gr tanah pada masing-masing perlakuan ((Flegg dan Hooper, 1970). Cara ekstraksi dapat dilihat pada Lampiran 4. jumlah nematoda dalam tanah sampel dari masing-masing perlakuan dihitung efektivitasnya dengan menggunakan rumus sebagai berikut,

$$E = \frac{K - P}{K} \times 100\%$$

K

Keterangan: E = Efektivitas

P = Perlakuan

K = Kontrol

(Sumber: Sivan dan Chet, 1986 dalam siregar, 2006).

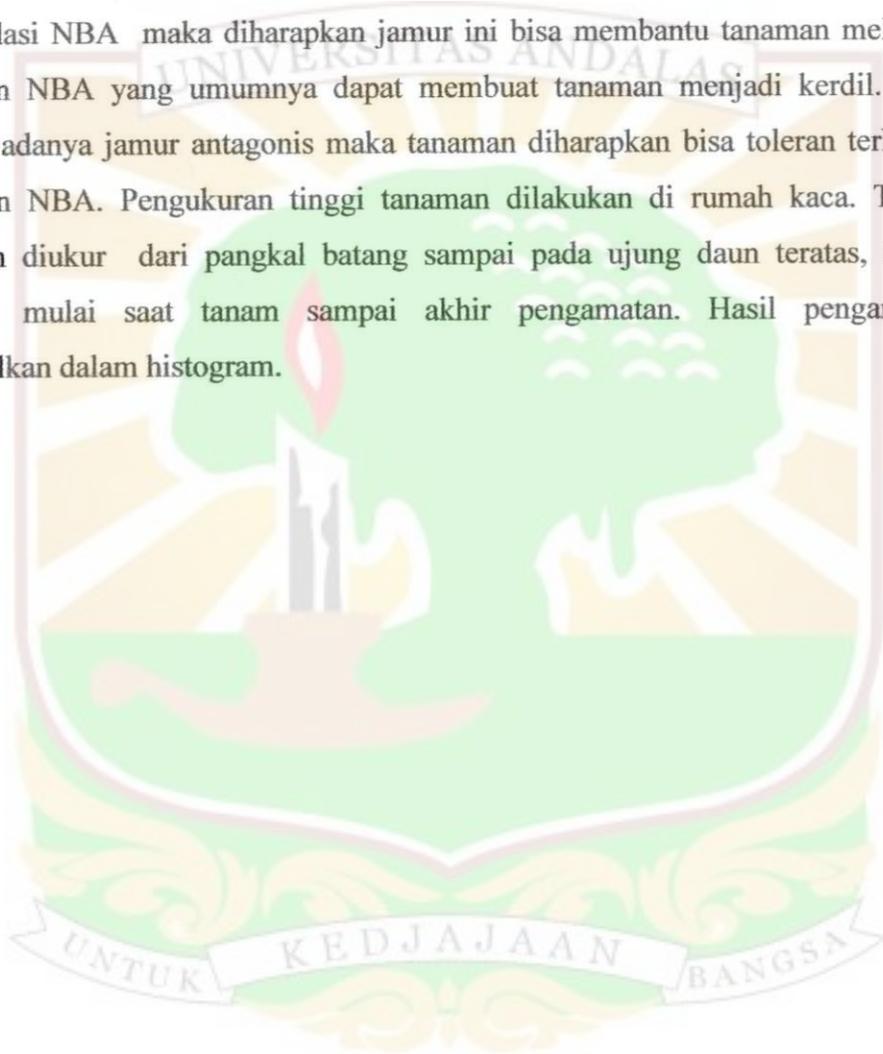
e. Kepadatan konidia

Kepadatan konidia dihitung pada akhir pengamatan, seluruh sampel tanah ditimbang sebanyak 10 gram/polybag dan dibuat suspensi dengan penambahan 10

ml akuades lalu diaduk dalam *test tube*, dihomogenkan dengan vortek selama 5 menit dan dibiarkan selama 60 detik, setelah tanah mengendap, larutan diencerkan 4 kali. Setelah itu, satu tetes cairannya ditetesi pada *haemocytometer* untuk kemudian diamati di bawah mikroskop dan dihitung kepadatan konidianya. Cara ini sama untuk semua perlakuan tanah sampel.

3.5.3 Efek kemampuan jamur terhadap tinggi tanaman

Pemberian jamur antagonis pada tanah pertanaman tomat yang sudah diinokulasi NBA maka diharapkan jamur ini bisa membantu tanaman melawan serangan NBA yang umumnya dapat membuat tanaman menjadi kerdil. Jadi, dengan adanya jamur antagonis maka tanaman diharapkan bisa toleran terhadap serangan NBA. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan di rumah kaca. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang sampai pada ujung daun teratas, setiap minggu mulai saat tanam sampai akhir pengamatan. Hasil pengamatan ditampilkan dalam histogram.



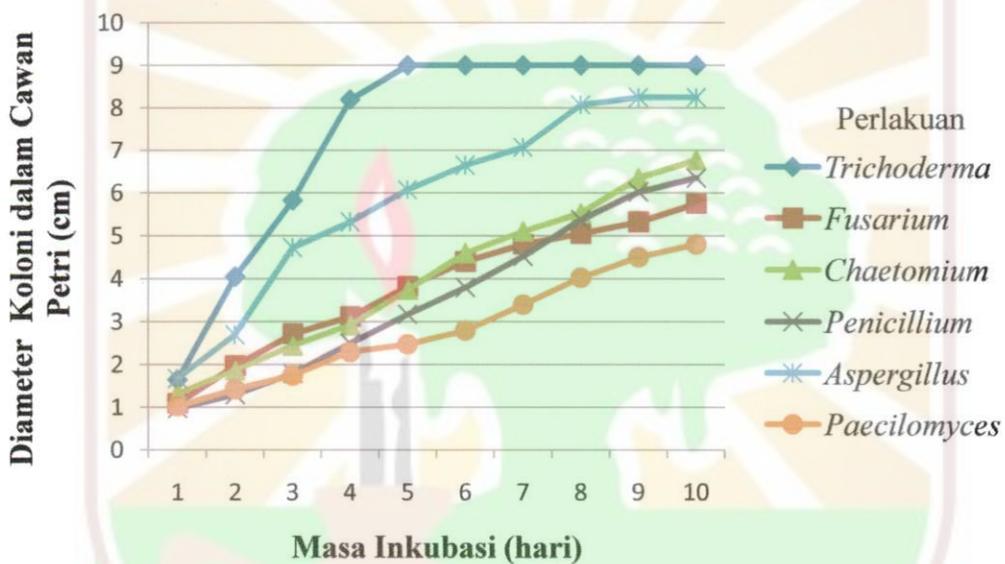
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Karakterisasi Fisiologis Jamur Antagonis

a. Laju Pertumbuhan Koloni

Hasil pengamatan pertumbuhan diameter koloni jamur-jamur antagonis di cawan petri dilakukan dari hari pertama setelah inkubasi sampai akhir pengamatan pada hari ke-10, hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: Laju pertumbuhan koloni jamur antagonis yang digunakan sebagai perlakuan sampai hari ke-10 setelah inkubasi.

Gambar 2. menunjukkan bahwa setiap jamur mengalami peningkatan laju pertumbuhan koloni setiap harinya, jamur *Trichoderma* sp. mempunyai laju pertumbuhan yang paling cepat, pada hari ke-5 pertumbuhan jamur *Trichoderma* sp. sudah mencapai diameter koloni 9 cm. Jamur *Paecilomyces* sp. mempunyai laju pertumbuhan yang paling lambat, sampai hari ke-10 diameter koloni hanya mencapai 4.9 cm.

b. Daya Kecambah Konidia

Hasil analisis sidik ragam daya kecambah konidia masing-masing jamur antagonis menunjukkan hasil yang berbeda nyata antar isolat (Lampiran 9.1.a.) dan uji lanjut DNMRT pada taraf 5 % dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daya kecambah konidia jamur antagonis pada hari ke-10 setelah inkubasi.

Jamur Antagonis	Daya Kecambah Konidia (%)
<i>Fusarium</i> sp.	98.00 a
<i>Aspergillus</i> sp.	94.00 a
<i>Chaetomium</i> sp.	92.75 a
<i>Trichoderma</i> sp.	79.75 b
<i>Penicillium</i> sp.	78.00 b
<i>Paecilomyces</i> sp.	77.75 b

KK = 6.75 %

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5%

Daya kecambah konidia jamur *Fusarium* sp. memiliki persentase perkecambahan tertinggi (98.00%) yang berbeda tidak nyata dengan jamur *Aspergillus* sp. dan *Chaetomium* sp., sedangkan jamur *Paecilomyces* sp. mempunyai persentase perkecambahan terendah (77.75%) yang tidak berbeda nyata dengan jamur *Penicillium* sp. dan *Trichoderma* sp..

c. Jumlah konidia

Hasil analisis sidik ragam jumlah spora masing-masing jamur antagonis menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata antar isolat (Lampiran 9.1.b.) dan uji lanjut DNMRT pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah spora jamur antagonis yang terbentuk pada hari ke-10 setelah inkubasi.

Jamur Antagonis	Jumlah spora/ml
<i>Aspergillus</i> sp.	8,13 x 10 ⁹ a
<i>Chaetomium</i> sp.	6,38 x 10 ⁹ ab
<i>Paecilomyces</i> sp.	4,50 x 10 ⁹ b
<i>Trichoderma</i> sp.	4,38 x 10 ⁹ c
<i>Fusarium</i> sp.	3,63 x 10 ⁹ c
<i>Penicillium</i> sp.	3,00 x 10 ⁹ c

KK = 24.99 %

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5%

Tabel 2. menunjukkan bahwa jamur *Aspergillus* sp. mempunyai jumlah spora tertinggi dengan rata-rata $9,3 \times 10^9$ dan berbeda nyata terhadap jamur *Fusarium* sp., sedangkan *Penicillium* sp. Jumlah spora yang paling sedikit terdapat pada jamur *Fusarium* sp. dengan rata-rata jumlah spora $3,63 \times 10^9$.

4.1.2 Kemampuan Jamur Antagonis Mengendalikan NBA

a. Jumlah Bengkak Akar

Hasil analisis sidik ragam jumlah bengkak akar tomat berbeda nyata antar jamur antagonis (Lampiran 9.2.a), sedangkan hasil uji lanjut dengan DNMRT taraf nyata 5% dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah bengkak akar tanaman tomat pada masing-masing perlakuan 51 hari setelah inokulasi NBA

Perlakuan	Jumlah Bengkak Akar (buah/tanaman)	Efektivitas (%)
Kontrol	89.50 a	-
<i>Penicillium</i> sp.	57.00 a	36.31
<i>Trichoderma</i> sp.	50.25 a b	43.85
<i>Aspergillus</i> sp.	42.75 b	52.23
<i>Fusarium</i> sp.	34.75 b	57.82
<i>Paecilomyces</i> sp.	24.75 b	72.34
<i>Chaetomium</i> sp.	23.00 b	74.30
KK = 57.67 %		

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5% (-) tanpa jamur antagonis.

Tabel 3. menunjukkan bahwa jumlah bengkak akar pada perlakuan *Penicillium* sp. dan *Trichoderma* sp. berbeda tidak nyata dengan kontrol tetapi berbeda nyata dengan perlakuan *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Paecilomyces* sp., dan *Chaetomium* sp., sedangkan perlakuan *Penicillium* sp. dan *Trichoderma* sp. tidak berbeda nyata dengan *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Paecilomyces* sp., dan *Chaetomium* sp.. Dilihat dari efektivitasnya, *Chaetomium* sp. menunjukkan efektivitas yang paling tinggi dibandingkan dengan jamur lainnya dan *Penicillium* sp. menunjukkan efektivitas yang paling rendah.

b. Jumlah Kelompok Telur

Hasil analisis sidik ragam jumlah kelompok telur menunjukkan hasil yang berbeda nyata antar jamur antagonis (Lampiran 9.2.b.). Hasil analisis uji lanjut DNMRT taraf nyata 5% dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Jumlah kelompok telur pada akar tomat pada masing-masing perlakuan 51 hari setelah inokulasi NBA

Perlakuan	Jumlah Kelompok Telur (buah/tanaman)	Efektivitas (%)
Kontrol	21.75 a	-
<i>Penicillium</i> sp.	21.50 a	1.15
<i>Fusarium</i> sp.	17.50 a b	19.54
<i>Aspergillus</i> sp.	15.00 a b c	31.03
<i>Trichoderma</i> sp.	13.00 b c	40.23
<i>Chaetomium</i> sp.	9.00 c	58.62
<i>Paecilomyces</i> sp.	7.50 c	65.52
KK = 37.59 %		

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5% (-) tanpa jamur antagonis.

Perlakuan *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., dan *Aspergillus* sp. berbeda tidak nyata dengan kontrol tetapi berbeda nyata dengan perlakuan *Trichoderma* sp., *Chaetomium* sp., dan *Paecilomyces* sp.. Perlakuan jamur *Fusarium* sp., dan *Aspergillus* sp, berbeda tidak nyata dengan *Trichoderma* sp. dan *Trichoderma* sp. berbeda tidak nyata dengan *Chaetomium* sp. dan *Paecilomyces* sp.. Dilihat dari efektivitasnya, *Paecilomyces* sp. menunjukkan efektivitas yang paling tinggi dibandingkan jamur yang lainnya dan *Penicillium* sp. menunjukkan efektivitas yang paling rendah.

c. Jumlah Nematoda dalam Tanah

Hasil analisis sidik ragam jumlah nematoda dalam tanah menunjukkan hasil yang berbeda nyata (Lampiran 9.2.c.). Hasil uji lanjut dengan DNMRT taraf nyata 5% dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah nematoda dalam sampel tanah pada masing-masing perlakuan 51 hari setelah inokulasi NBA

Perlakuan	Jumlah Nematoda dalam tanah (ekor/tanaman)	Efektivitas (%)
Kontrol	20.00 a	-
<i>Fusarium</i> sp.	18.50 a b	7.50
<i>Penicillium</i> sp.	7.50 a b	62.50
<i>Aspergillus</i> sp.	5.50 a b	72.50
<i>Trichoderma</i> sp.	3.75 a b	81.25
<i>Paecilomyces</i> sp.	3.75 a b	81.25
<i>Chaetomium</i> sp.	2.30 b	87.50
KK = 133.82 %		

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5% (-) tanpa jamur antagonis.

Perlakuan jamur *Chaetomium* sp. berbeda nyata dengan kontrol tetapi berbeda tidak nyata dengan *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., dan *Paecilomyces* sp.. Dilihat dari efektivitasnya *Chaetomium* sp. memiliki efektivitas yang paling tinggi dan *Fusarium* sp. memiliki efektivitas paling rendah.

d. Jumlah Nematoda pada Jaringan Akar Tanaman

Hasil analisis sidik ragam jumlah nematoda pada jaringan akar tanaman menunjukkan hasil yang berbeda nyata (Lampiran 9.2.d.). Hasil uji lanjut DNMRT taraf nyata 5% dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jumlah nematoda pada jaringan akar tanaman tomat pada masing-masing perlakuan 51 hari setelah inokulasi NBA

Perlakuan	Jumlah NBA pada Jaringan Akar Tanaman (ekor/tanaman)		Efektivitas (%)
Kontrol	47.00	a	-
<i>Trichoderma</i> sp.	46.75	a	0.53
<i>Penicillium</i> sp.	44.00	a	6.38
<i>Fusarium</i> sp.	40.50	a	13.82
<i>Paecilomyces</i> sp.	17.25	b	63.30
<i>Aspergillus</i> sp.	16.25	b	65.43
<i>Chaetomium</i> sp.	6.00	b	87.23
KK = 32.86 %			

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf 5% (-) tanpa jamur antagonis.

Perlakuan *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp. dan *Fusarium* sp. berbeda tidak nyata dengan kontrol tetapi berbeda nyata dengan *Paecilomyces* sp., *Aspergillus* sp., dan *Chaetomium* sp.. Dilihat dari efektivitasnya *Chaetomium* sp. memiliki efektivitas paling tinggi dan *Trichoderma* sp. memiliki efektivitas paling rendah.

e. Peningkatan Kepadatan Konidia

Pengamatan terhadap kepadatan konidia jamur antagonis setelah diintroduksikan ke tanah dapat dilihat pada Tabel 7.

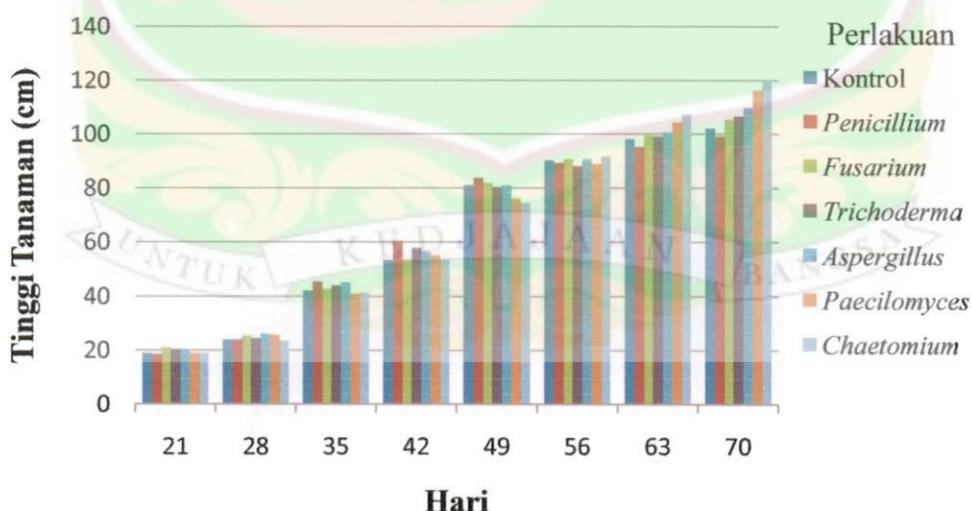
Tabel 7. Peningkatan kepadatan konidia masing-masing jamur antagonis dalam tanah 58 hari setelah introduksi

Jamur Antagonis	Awal (Introduksi)	Akhir	Peningkatan kepadatan konidia
<i>Paecilomyces</i> sp.	2.50×10^8	38.38×10^8	35.88×10^8
<i>Chaetomium</i> sp.	3.75×10^8	34.38×10^8	30.63×10^8
<i>Trichoderma</i> sp.	2.40×10^8	22.13×10^8	19.73×10^8
<i>Fusarium</i> sp.	8.00×10^8	26.50×10^8	18.50×10^8
<i>Aspergillus</i> sp.	1.40×10^8	17.50×10^8	16.10×10^8
<i>Penicillium</i> sp.	23.00×10^8	28.50×10^8	5.50×10^8

Kepadatan populasi jamur-jamur antagonis di akhir pengamatan lebih tinggi atau meningkat dibandingkan pada saat introduksi. Hal ini menunjukkan bahwa jamur antagonis tersebut bisa berkembang dengan baik di dalam tanah karena juga ditunjang oleh pemakaian bahan organik berupa serbuk gergaji dan dedak yang bisa membantu perkembangan jamur antagonis dalam tanah. Jamur *Paecilomyces* sp. merupakan jamur yang paling tinggi peningkatan konidianya dan jamur *Penicillium* sp. merupakan jamur yang paling rendah peningkatan konidianya.

4.1.3 Efek kemampuan jamur terhadap tinggi tanaman

Hasil pengamatan tinggi tanaman sampai umur 70 hari setelah tanam yang telah diintroduksi dengan jamur antagonis dan diinokulasi NBA dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3: Tinggi tanaman tomat sampai umur 70 hari setelah tanam

Pengamatan tinggi tanaman setiap minggu mengalami peningkatan yang sangat baik terutama untuk tanaman yang diintroduksi dengan jamur *Chaetomium*

sp. dengan rata-rata tinggi tanaman pada akhir pengamatan mencapai 120 cm kemudian diikuti oleh tanaman yang diintroduksi dengan jamur *Paecilomyces* sp. (116,1 cm), kemudian jamur *Aspergillus* sp. (109,68 cm), *Trichoderma* sp. (106,53 cm), *Fusarium* sp. (105,35 cm), dan terendah yang diintroduksi dengan jamur *Penicillium* sp. (99,13 cm). *

4.1.4 Rekapitulasi efektivitas kemampuan jamur antagonis mengendalikan NBA

Kemampuan jamur antagonis mengendalikan NBA didasarkan pada rekapitulasi efektivitasnya. Hasil rekapitulasi didapatkan jamur yang efektif untuk mengendalikan NBA, yaitu *Chaetomium* sp.

Tabel 8. Rekapitulasi efektivitas jamur antagonis mengendalikan NBA

Jamur Antagonis	Efektivitas Penekanan (%)				Rata-rata
	Jumlah Bengkak Akar	Jumlah Klp Telur	Jumlah NBA dlm Tanah	Jumlah NBA dlm Jar.Akar Tanaman	
<i>Penicillium</i> sp.	36.31	1.15	62.50	6.38	26.59
<i>Fusarium</i> sp.	57.82	19.54	7.50	13.82	24.67
<i>Trichoderma</i> sp.	43.85	40.23	81.25	0.53	41.47
<i>Aspergillus</i> sp.	52.23	31.03	72.50	65.43	55.30
<i>Paecilomyces</i> sp.	72.34	65.52	81.25	63.30	70.60
<i>Chaetomium</i> sp.	74.30	58.62	87.50	87.23	76.91

4.2 Pembahasan

Hasil pengamatan karakter fisiologis jamur antagonis menunjukkan adanya perbedaan dalam laju pertumbuhan koloni, daya kecambah konidia, dan jumlah konidia. Jamur *Trichoderma* sp. mempunyai kecepatan paling tinggi, pada hari ke-5 pertumbuhan koloninya sudah memenuhi cawan petri dengan diameter 9 cm (Gambar 1.). Hal ini sesuai dengan penelitian Adnan (1991) bahwa jamur *Trichoderma* sp. mempunyai kecepatan pertumbuhan koloni paling tinggi dibandingkan jamur *Fusarium*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Paecilomyces*, *Scitalidium*, *Cephalosporium*, *Hyaloflorae* dan *Aspergillus*.

Jamur-jamur antagonis mempunyai kemampuan berkecambah yang berbeda. Jamur yang memiliki daya kecambah paling baik adalah jamur *Fusarium* sp. (Tabel 1.) dengan rata-rata kecambah konidia (98%). Kemampuan berkecambah jamur *Fusarium* sp. kemungkinan disebabkan oleh kecocokan nutrisi yang dimiliki oleh media SDAY dengan kebutuhan jamur *Fusarium* sp. tersebut. Hal

ini sesuai dengan pendapat Tanada dan Kaya (1993), perkecambahan konidia sangat tergantung pada kondisi lingkungan seperti kelembaban, suhu dan cahaya serta nutrisi.

Pengamatan jumlah konidia, jamur *Aspergillus* sp. mempunyai jumlah konidia yang paling tinggi (Tabel 2.). Hal ini disebabkan oleh nutrisi SDAY sesuai untuk *Aspergillus* sp. sehingga menghasilkan spora yang banyak. Menurut Lacey (1991), temperatur dan media hidup merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan konidia.

Jamur-jamur antagonis yang diperlakukan dapat menekan NBA tetapi mempunyai kemampuan yang berbeda. Hal ini disebabkan karena jamur antagonis yang digunakan mempunyai perbedaan mekanisme antagonis sehingga berpengaruh terhadap efektivitasnya. Hasil penelitian Andarini (2009), Jamur *Penicillium* sp., *Chaetomium* sp., *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., mempunyai mekanisme antagonis sebagai penghasil nematisida, jamur *Paecilomyces* sp. mempunyai mekanisme antagonis sebagai parasit telur NBA dan jamur *Fusarium* sp. mempunyai mekanisme antagonis sebagai parasit telur NBA dan penghasil nematisida. Menurut Sayre (1980), kemampuan jamur antagonis dalam mengendalikan nematoda mencakup beberapa macam mekanisme, yaitu memerasit telur nematoda, membentuk hifa perangkap, membentuk jaring getah pelekat dan membentuk cincin untuk menjerat larva, menghasilkan zoospora yang menyerang larva. Suhandi (1998), mengemukakan bahwa jamur dapat memproduksi senyawa toksik gliotoksin, gliovirin dan viridin, serta memproduksi enzim seperti eksoglukanase, endoglukanase, selobiose, dan kitinase yang merugikan bagi perkembangan patogen.

Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa pemberian jamur antagonis mampu menekan perkembangan, reproduksi dan juga menghambat proses infeksi nematoda *Meloidogyne* spp. hal ini terlihat pada pengamatan jumlah bengkak akar (Tabel 3.), jumlah kelompok telur (Tabel 4.), jumlah nematoda dalam tanah (Tabel 5.) dan jumlah nematoda dalam jaringan akar tanaman (Tabel 6.)

Hasil rekapitulasi efektivitas masing-masing jamur antagonis (Tabel 8.) dapat dilihat bahwa jamur antagonis *Chaetomium* sp. mempunyai efektivitas yang paling tinggi dibandingkan dengan jamur antagonis lainnya. Hal ini disebabkan

jamur *Chaetomium* sp.. bersifat antagonis terhadap telur dan larva NBA, sehingga telur yang masih muda tidak bisa menetas dan tidak bisa berkembang menjadi larva. Jamur ini menghasilkan senyawa atau zat yang merusak telur dan larva NBA. Selain itu, jamur ini juga menghasilkan antibiotik yang bernama chetomin yang dapat menghambat perkembangan telur dan larva NBA. Menurut Cooke (1993), antibiotik yang dihasilkan *Chaetomium* sp. ini bersifat antinematoda yang menyebabkan larva tahap II tidak mampu bergerak sehingga dapat mengurangi penetrasi larva tahap II pada akar.

Menurut Alexopoulos *et al* (1996), jamur *Chaetomium* merupakan salah satu spesies dari kelas Ascomycetes yang bersifat sellulolitik yang mampu mendegradasi sellulosa. Telur dan larva NBA yang kulitnya terdiri atas kitin dan sellulosa dapat didegradasi oleh jamur *Chaetomium* sp., sehingga akan mempercepat proses keluarnya larva sebelum waktunya. Menurut Corlett (1966), larva yang keluar sebelum waktunya belum dapat beradaptasi dengan lingkungan sehingga berkemungkinan banyak larva yang mati.

Selain *Chaetomium* sp. jamur *Paecilomyces* sp. juga mempunyai efektivitas yang baik untuk mengendalikan NBA karena mempunyai sifat antagonis sebagai parasit telur NBA, sebelum telur menetas jamur ini sudah mampu merusak telur NBA, hal ini sesuai dengan pendapat Hul-wang dan McSorley (2003), yang menyatakan bahwa *Paecilomyces fumosoroseus* adalah jamur yang hidup di tanah yang mampu memparasit telur dan larva NBA serta mengurangi populasi di tanah. Hal ini juga diperkuat oleh pendapat Mustika dan Zainuddin (2004) yang menyatakan bahwa jamur *Fusarium oxysporum* dan *Paecilomyces lilacinus* dapat memarasit telur NBA. Selain itu, menurut Wiryadiputra (2007) penekanan tingkat serangan nematoda parasit akibat perlakuan jamur *Paecilomyces lilacinus* juga dilakukan pada percobaan pengendalian *Meloidogyne incognita* yang diaplikasikan pada tanaman tomat, tembakau, cabai dan kedelai, *P. lilacinus* secara nyata dapat menekan tingkat serangan *M. incognita* yang ditunjukkan dengan sedikitnya jumlah bengkak akar pada tanaman tersebut.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Jamur antagonis yang diamati mempunyai karakter fisiologis yang berbeda, laju pertumbuhan koloni yang paling cepat adalah jamur *Trichoderma* sp., daya kecambah konidia yang paling baik adalah jamur *Fusarium* sp., dan jumlah spora yang paling banyak dihasilkan oleh jamur *Aspergillus* sp..
2. Jamur yang paling efektif dalam mengendalikan NBA adalah *Chaetomium* sp..

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menentukan spesies masing-masing jamur antagonis.



DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A. M. 1991. Prospek Beberapa Isolat Fungi Penghuni Tanah Sebagai Agen Antagonis terhadap *Meloidogyne* spp. pada Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) [Tesis]. Bogor. Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 72 hal. □
- Alexopoulos, C.J., Mims. C.W., Blackwell, M. 1996. Introductory Mycology. Fourth Edition. New York. Academic Press. 865 hal.
- Agrios, G. N. 1997. Plant Pathology. Fourth Edition. New York. Academic Press. 865 hal.
- Andarini, D. 2009. Penapisan Jamur Antagonis Terhadap Telur Nematoda *Meloidogyne* spp. dari Rizosfir Tanaman Tomat *Lycopersicon esculentum* Mill. [Skripsi]. Padang. Universitas Andalas. 33 hal.
- Anonim. Pengendalian biologi nematoda *Meloidogyne* spp. dengan jamur *Paecilomyces fumosoroseus* dan bakteri *Pasteuria penetrans* serta pengaruhnya terhadap tanaman buncis *Phaseolus vulgaris*. http://www.bionatura.unpad.ac.id/index.php?option=com_content&view=article&id=354:-1-&catid=45 [12 April 2011].
- Bae, Y.S and Guy, R.K. 2000. Contranformation of *Trichoderma harzianum* with β -Glucuronidase and Green Fluorescents Protein Genes Provides a Useful Tool for Monitoring Fungal Growth and Activity in Natural Soil. Applied and Environmental Microbiology, Februari 2000, p.810-915, Vol.66, No.20099-2240. <http://www.aspenet.org/phyto/SEARCH/2000.htm>. [03 Juli 2010].
- Barnett, H.L., Hunter, B. B. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Third edition. Minneapolis: Burgess Publishing Company. Hal 52-54.
- Barron, G.I. 1977. The Nematode Destroying Fungi. In Tropics in Mycology No.1. Canadian Biological Publication Ltd. Guelph Ontario. Canada
- Bidochka MJ, Kamp AM, de Croos JNA. 2000. Insect pathogenic fungi: from genes to populations. Di dalam: Kronstad JW, editor. Fungal Pathology. Netherland; Kluwer Academic Publishers. 171-193 hal.
- Campbell, R. 1989. Biological Control of Microbial Plant Pathogens. Cambridge-New York- Post Chester-Melbourne Sydney. Cambridge. 218 hal.
- Christie, J.C. 1959. Plant Nematodes, Their Bionomic and Control. Agriculture Experiment Station. University of Florida Gainesville. Florida. 497 hal.
- Cooke, J.C. 1972. Perithecium Development *Chaetomium longirostre*. *Can. J. Bot.* 50:2271-2274.

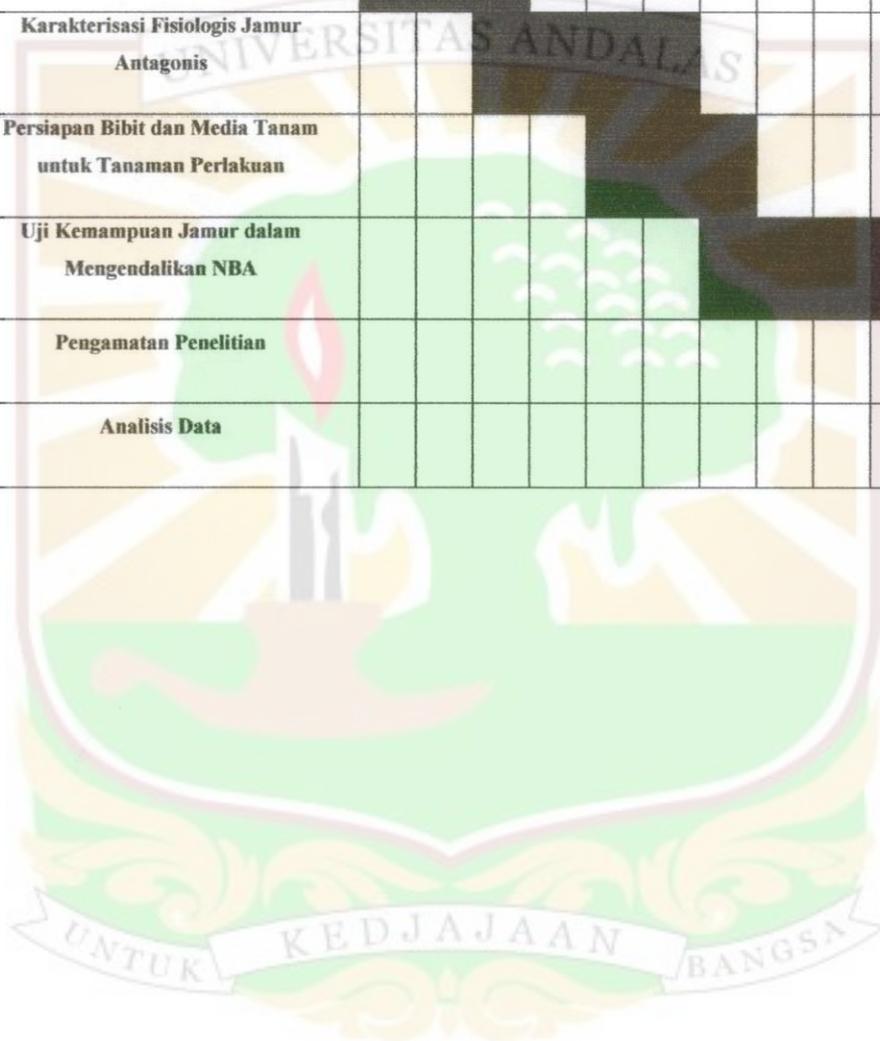
- Corlett, M. 1966. Perithecium Development *Chaetomium trigonosporum*. *Can. J. Bot.* 44:155-162.
- Djafaruddin. 2000. Dasar-dasar Pengendalian Penyakit Tanaman. Jakarta. Bumi Aksara. 218 hal.
- Dropkin, V. H. 1996. Pengantar Nematologi Tumbuhan. Supratoyo, penerjemah. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari Introduction to Plant Nematology. 366 hal.
- Dube, B.D. and Smart, G.C. 1987. Biological Control of *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* and *Pasteuria penetrans*. In Journal of Nematology 19 (2) 222-227. The Society of Nematologist.
- Duddington, C. L. 1975. Biological control- predaceous fungi p: 462-465. Dalam Sasser J.N and Jenkins W.R (eds) nematology, fundamental and peecen advences ang soil forms. Eurasia Publishing Horse (p) Ltd. New Delhi. 480 hal.
- Elshafie, A.E. Al-Mueini, R, Al-Bahry, S.N, Alkindi, A.Y, Mahmud, I, and Al-Rawahi, S.H., 2006. Diversity and trapping effency of nematophagus fungi from Oman. *Phytopathol. Mediterr*: 45, 266-270.
- Flegg, F.F.M., and Hopper, D.F. 1970. In "Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes", (J.F. Southey, ed.). pp.5-22. Tech. bull.2, Minist, Agric. Fish and Food. London. 212 hal.
- Hadiaty, S. 1987. Pengamatan Penyakit-Penyakit Penting pada Tanaman di WKPP Cidadap Kecamatan Campaka Kabupaten Cianjur. [skripsi]. Bogor. Institut Pertanian Bogor. 42 hal.
- Hadioetomo, R.S. 1985. Mikrobiologi dalam Praktek: Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium. Jakarta. Gramedia. 161 hal.
- Hui-Wang, K. and McSorley. 2003. Nematophagus Fungi. University of Florida. Department of Entomology. USA. <http://agroecology.ifas.ufl.edu/> [7 Juli 2011].
- Hussey, R.S. 1975. Staining Nematodes in Plant Tissue. Department of Plant Pathology University of Georgia Athens. 212 hal.
- Irawaty, H. 2007. Kemampuan *Trichoderma* spp untuk Pengendalian Nematoda Bengkak Akar (*Meloidogyne* spp) pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). [Skripsi]. Padang. Universitas Andalas. 42 hal.
- Jenkins NE, Hevievo G, Langewald J, Cherry AJ, Lomer CJ. 1998. Development of mass production technology for aerial conidia for use as mycopesticides. *Biocontrol News & Inform* 19 (1):21N-31N.
- Kassa A, Stephan D, Vidal S, Zimbemann G. 2003. Development and testing of mycoinsecticides based on submerged spores and aerial conidianof the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metharizium anisopliae*

- (Deuteromycotina:Hyphomycetes) for control of locust, grasshoppers and storagepets.[Dissertation].<http://wcbdoc.sub.gwdg.de/diss/2003/kassa.pdf>. [11 Oktober 2004].
- Lacey, J. 1991. Aerobiology and Health: the Role of Airborne Fungal Spores in Respiratory Disease. In: *Frontiers in Mycology*. Ed.D.L.Hawksworth. Cab International Wallingford, United Kingdom. 30 hal.
- Larsen M., Wolstrup, S., Henriksen S.A., Dackman, C., Gronvold, J., and Nansen., P. 1991. In Vitro Stress Selection of Nematophagus Fungi of Biocontrol of Parasitic Nematodes in Ruminants. *J. Helminthol* 65:193-200.
- Luc, M., Sikora R.A, dan Bridge, J. 1995. Nematoda Parasitik Tumbuhan Pertanian Subtropik dan Tropik. Terjemahan Supratoyo. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 838 hal.
- Molina, G. C and Davide, R.G. 1986. Evaluation of Microbial Extracts for Nematicidal Activity Against. Plant Parasitic Nematodes, *Meloidogyne incognita* and *Radhopholus similis*. *Phill. Agr.* 69:173-186 hal.
- Mustika, I. 1997. Pengantar Nematologi Tanaman . Bangka. Lembaga Penelitian Tanaman Industri Substation. 94 hal.
- Mustika, I. dan Zainuddin, A. 2004. Peluang Pemanfaatan Jamur Nematofagus untuk Mengendalikan Nematoda Parasit pada Tanaman dan Ternak. *Jurnal Litbang Pertanian*. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Bogor. 23 hal.
- Patandangan, R. Tanjung, R.H.R. Kamarea, M. 2009. Pengaruh Konsentrasi Asam Cuka terhadap Sporulasi *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill-Strain-Wamena pada Medium Beras Pera sebagai Agen Hayati. *Jurnal Biologi Papua*. Universitas Cendrawasih, Jayapura, Papua. [12 juli 2011].
- Pracaya, 1999. Bertanam Tomat. Yogyakarta. Kanisius. 98 hal.
- Rifai, M.A. 1969. A. Revision of The Genus Trichoderma. *Mycological Paper*. 116:55 hal.
- Rusli, R. dan Trizelia. 2009. Perbanyakkan *Beauveria bassiana* pada Limbah Organik, Formulasi dan Uji Efektivitasnya Sebagai Bioinsektisida untuk Mengendalikan Hama *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera:Noctuidae).
- Samsons, R.A. 1974. Paecilomyces and Some Allied Hypomycetes. *Studies and Mycology*. (Bearn: centralbureau voor Schimmelcultures).
- Sastrahidayat., Rochjatun, I. 1986. Ilmu Penyakit Tumbuhan. Surabaya. Usaha Nasional Surabaya. 366 hal.
- Sayre, R.M. 1980. Promising Organisms for Biocontrol of Nematodes. *Plant Disease*. 54 hal.

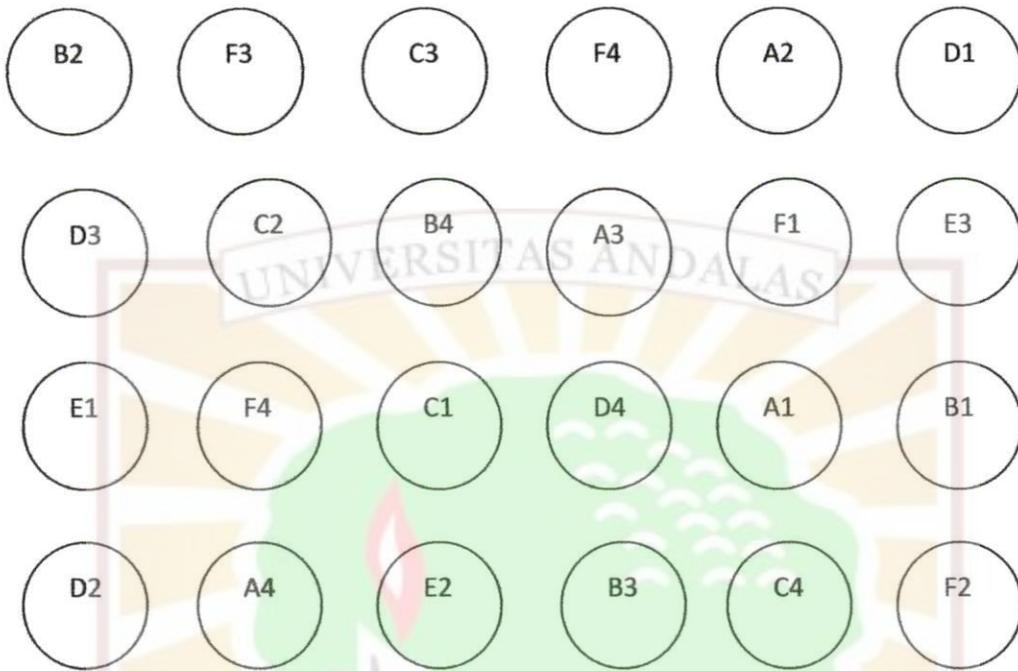
- Setyowati., Bustaman, H. dan Derita, M. 2003. Penurunan Penyakit dan Pertumbuhan Gulma pada Tanaman Selada yang dipupuk Mikroba. Hal 49-50. Di dalam: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia. Volume 5, No. 2, 2003. Bengkulu. Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu.
- Singh, K. Jens C. Frisvad, Ulf Thrane, and Mathur, S.B. 1991. An Illustrated Manual on Identification of some Seed-Born Aspergilli, Fusaria, Pinicillia, and Their Mycotoxins. Department of Biotechnology the Technical University of Denmark. Lyngby Denmark.
- Siregar, R.A.2006. Pemanfaatan Beberapa Isolat *Pseudomonas fluorescens* Untuk Peningkatan Ketahanan Tanaman Bawang Merah (*Alium ascalonicum*) Terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Alii*) [skripsi] Padang. Universitas Andalas. 47 hal.
- Suhandi. 1998. Pengaruh Masa Inkubasi Biakan *Gliocladium* spp. terhadap serangan Nematoda Bengkak Akar (*Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) [Skripsi]. Padang. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. 56 hal
- Tanada, Y dan Kaya, H.K. 1993. Insect Pathology. Academic Press Inc. London. 666 hal.
- Taylor, A.I., Sasser, J.N. 1978. Biology, Identifikasi and Control of Root Knoot Nematodes (*Meloidogyne* spp). North California State University Graphics. USA. 111 hal.
- Tuite, J. 1969. Plant Pathological Methode: Fungi and Bacteria. Department of Botany and Plant Pathology Perdue University Lafayette. Indiana. 231 hal.
- Watanabe, T. 2002. Soil and Seed Fungi, Morphologis of Cultured Fungi and Key to Species. New York. CRC Press. 486 hal.
- Winarto. 2008. Nematologi Tumbuhan. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Universitas Andalas. Padang. 218 hal.
- Wiradiputra,S.2002. Pengruh Bionematisida Berbahan Aktif Jamur *Paecilomices lilacinus* strain 251 terhadap Serangan *Pratylenchus coffeae* pada Kopi Robusta. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia. Vol.8 No. 2.2002:18-26.

Lampiran 1. Jadwal kegiatan penelitian dari bulan Juli sampai September 2010

No	Kegiatan	Bulan / Minggu											
		Juli				Agustus				September			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Peremajaan Jamur Antagonis												
2.	Karakterisasi Fisiologis Jamur Antagonis												
4.	Persiapan Bibit dan Media Tanam untuk Tanaman Perlakuan												
5.	Uji Kemampuan Jamur dalam Mengendalikan NBA												
6.	Pengamatan Penelitian												
7.	Analisis Data												



Lampiran 2. Denah pelaksanaan penelitian di Laboratorium berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL)



Keterangan: A, B, C, D, E, F, = Perlakuan

1, 2, 3, 4 = Ulangan



Lampiran 3. Denah pelaksanaan penelitian di Rumah Kaca berdasarkan Rancangan Acak Kelompok (RAK)



Keterangan:

A, B, C, D, E, F, G = Perlakuan

1,2,3,4 = Ulangan

I,II,III,IV = Kelompok

Lampiran 4. Cara ekstraksi nematoda

Bahan : - Tanah dari perakaran tanaman tomat

Alat : - Seperangkat Corong Baermann yang dimodifikasi

- Potongan pipa paralon dengan kain kasa pada salah satu sisinya
- Kertas Tissue
- Cawan Petri
- Mikroskop Binokuler

Cara Kerja:

Seperangkat Corong Baermann diisi dengan air sampai kira-kira $\frac{3}{4}$ corong. Potongan pipa paralon yang sudah diberi kasa pada salah satu sisinya diletakkan kertas tissue dua lapis pada bagian dalam potongan pipa paralon diatas permukaan kasa dan dilebihkan panjangnya sehingga keluar dari pipa paralon. Tanah dari lapangan disekitar perakaran tanaman kira-kira 300 g dihaluskan dan dimasukkan ke dalam potongan pipa paralon. Potongan pipa paralon diisi tanah kira-kira $\frac{3}{4}$ bagian dan dimasukkan ke dalam corong yang telah diisi air dengan permukaannya mengenai tanah yang ada dalam potongan pipa paralon. Pengamatan terhadap nematoda dilakukan setelah 2 hari dengan cara membuka penjepit pada bagian bawah slang sehingga airnya keluar kira-kira 5 ml dan ditampung dalam cawan petri. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler.

Sumber: Flegg dan Hooper, 1970.

Lampiran 5. Pewarnaan nematoda dalam jaringan akar

Bahan :

- Akar tanaman tomat yang masih muda dengan gejala bengkak akar
- Akuades
- NaOCl 5,25%
- *Acid Fuchsin Lactophenol*
- Gliserin
- HCl

Alat :

- Gelas Piala
- Alat Pemanas
- Cawan Petri

Cara Kerja:

Akar yang menunjukkan gejala bengkak akar dicuci dengan air mengalir lalu dipotong-potong menjadi 2-3 cm. Air sebanyak 50 ml disiapkan dan ditambah dengan 5,25% NaOCl sebanyak 10 ml. Akar yang telah dicuci dimasukkan dan dikocok selama 3-4 menit. Setelah itu akar dicuci dengan air mengalir sampai bersih kemudian bungkus akar dengan kain kasa dan ikat ujung kain dengan benang kemudian dimasukkan ke dalam 40 ml air. Lalu ditambah 1 ml larutan campuran 0,35 asam fuksin + 25 ml asam asetat + 75 ml air. Kemudian dipanaskan sampai mendidih kira-kira 30 detik detik dan didinginkan. Kemudian dicuci lagi dengan air mengalir sampai bersih dan dimasukkan ke dalam 30 ml gliserin dan ditambah dengan beberapa tetes HCl. Setelah 24 jam dilakukan pengamatan terhadap nematoda yang beada dalam akar dimana nematoda akan berwarna merah sedangkan akar transparan.

Sumber: Hussey, 1975.

Lampiran 6. Cara membuat media SDAY

Bahan:

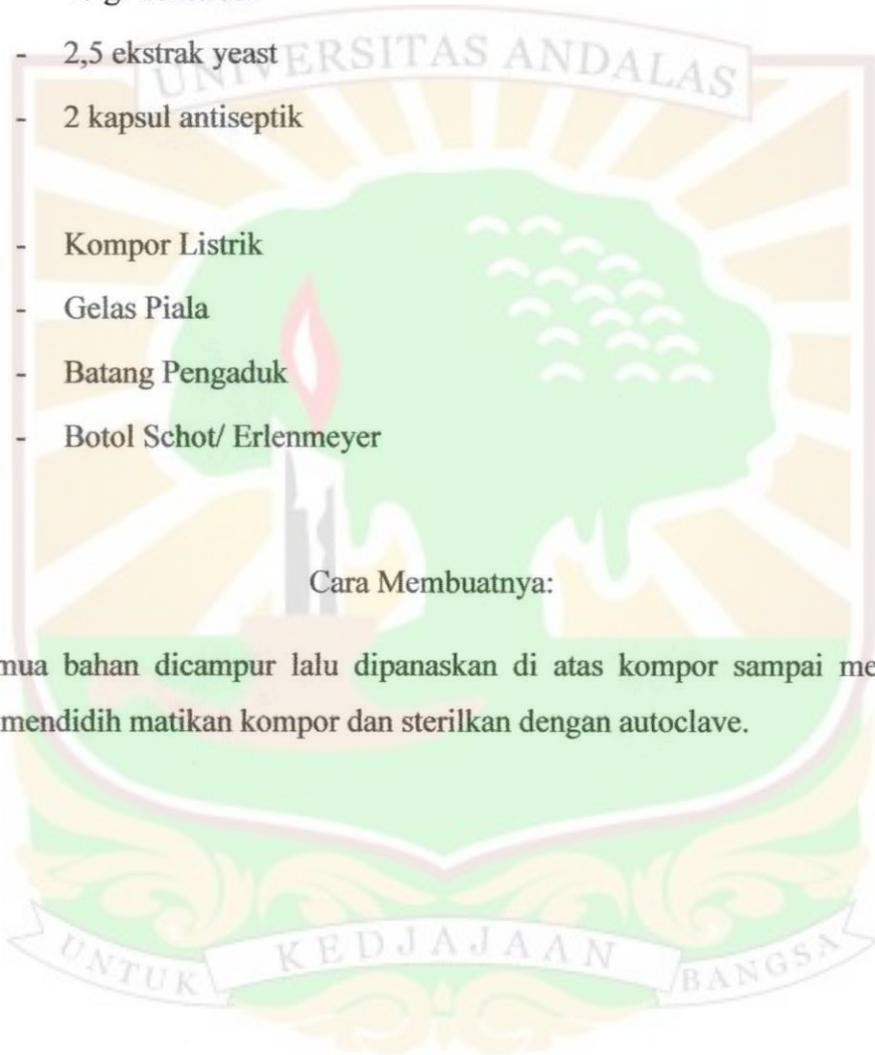
- 1 liter akuades
- 2 bungkus agar-agar
- 10 gr pepton
- 40 gr dekstroza
- 2,5 ekstrak yeast
- 2 kapsul antiseptik

Alat:

- Kompor Listrik
- Gelas Piala
- Batang Pengaduk
- Botol Schot/ Erlenmeyer

Cara Membuatnya:

Semua bahan dicampur lalu dipanaskan di atas kompor sampai mendidih setelah mendidih matikan kompor dan sterilkan dengan autoclave.

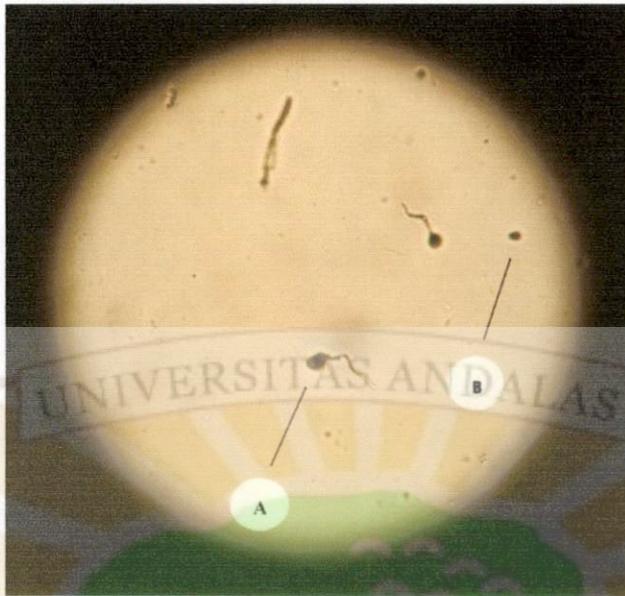


Lampiran 7. Deskripsi tomat varietas Marta

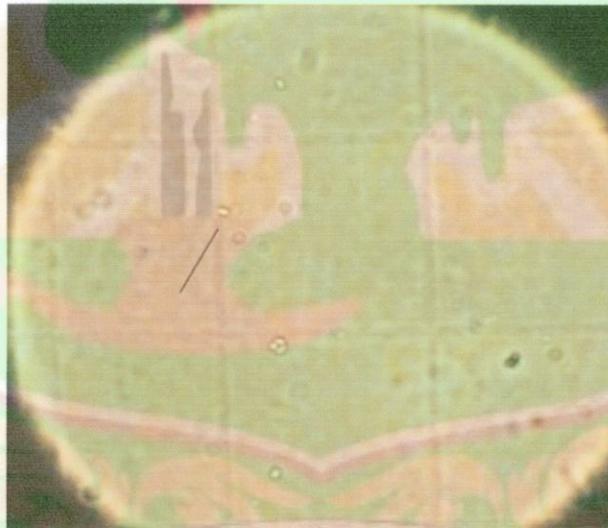
Tinggi tanaman	: 100 - 150 cm
Bentuk tanaman	: Hibrida tipe Indeterminate
Bentuk percabangan	: Vertikal
Bentuk Penampang	: Bulat
Bentuk daun	: Lebar dengan ujung meruncing
Bentuk buah	: Oval memanjang
Warna daun	: Hijau muda
Permukaan bawah daun	: Berbulu
Warna batang	: Hijau terang
Permukaan buah	: Licin mengkilap
Warna buah muda	: Hijau muda
Berat buah	: 110 – 130 g/buah
Warna buah masak	: Merah tua
Adaptasi	: Dataran tinggi
Waktu panen	: Umur 80 HST
Potensi Hasil	: 60 -80 ton/ha
Daya Tumbuh	: 85 %
Kemurniaan Benih	: 99%
Kualitas buah	: Keras dan cocok untuk transportasi jarak jauh
Ketahanan buah terhadap penyakit	:Bercak bakteri, kanker bakteri dan TMV/ToMv.

Dikeluarkan oleh PT. East Seed Indonesia
P.O.BOX. 1, Campaka
Purwakarta 41181, Indonesia

Lampiran 8. Dokumentasi penelitian



- a. Perkecambahan Konidia Jamur *Trichoderma* sp. A. Konidia Berkecambah
B. Konidia Tidak Berkecambah



- b. Jumlah konidia terbentuk yang diamati pada *Haemocytometer*



c. Kondisi akar tanaman tomat umur 70 hari pada masing-masing perlakuan



d. Bengkak akar dan kelompok telur NBA pada akar tomat A. Kelompok Telur B. Bengkak Akar



Lampiran 9. Tabel sidik ragam

1. Rancangan Acak Lengkap (RAL)

a. Daya Kecambah Konidia

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel (5%)
Perlakuan	5	1686.71	337.342	8.62*	2.77
Sisa	18	704.25	39.125		
Total	23	2390.96			

*) berbeda nyata

b. Jumlah Konidia

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel (5%)
Kelompok	5	7.3483	1.22472	3.53*	2.77
Sisa	18	2.6900	0.15824		
Total	23	10.0383			

*) berbeda nyata

2. Rancangan Acak Kelompok (RAK)

a. Jumlah Bengkai Akar

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel (5%)
Kelompok	6	12596.0	2099.33	2.98*	2.66
Perlakuan	3	1253.4	417.81		
Sisa	18	12668.6	703.81		
Total	27	26518.600			

*) berbeda nyata

b. Jumlah Kelompok Telur

SK	Db	JK	KT	F hit	F tabel (5%)
Kelompok	6	761.21	126.869	3.97*	2.66
Perlakuan	3	76.68	25.560		
Sisa	18	575.07	31.948		
Total	27	1412.96			