

**EKSPLORASI CENDAWAN ENTOMOPATOGEN PADA LAHAN ORGANIK
DAN ANORGANIK DI SAWAH DAN KEBUN HORTIKULTURA
MENGUNAKAN *INSECT BAIT METHOD***

TASYA HADEL PRITAMI
G011181109



**DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**EKSPLORASI CENDAWAN ENTOMOPATOGEN PADA LAHAN ORGANIK
DAN ANORGANIK DI SAWAH DAN KEBUN HORTIKULTURA
MENGUNAKAN *INSECT BAIT METHOD***

**TASYA HADEL PRITAMI
G01181109**

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pertanian
Pada
Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar

**DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

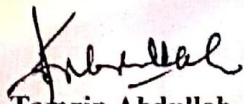
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Eksplorasi Cendawan Entomopatogen Pada Lahan Organik dan Anorganik di Sawah dan Kebun Hortikultura Menggunakan *Insect Bait Method*
Nama : Tasya Hadel Pritami
NIM : G011181109

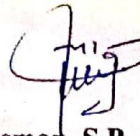
Disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



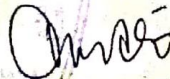
Dr. Ir. Tamrin Abdullah, M.Si
NIP. 196408071990021001



Asman, S.P., M.P
NIP. 198111142014041001

Diketahui oleh:

Ketua Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan



Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc
NIP. 196503161989032002

Tanggal Lulus: 10 Agustus 2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**EKSPLORASI CENDAWAN ENTOMOPATOGEN PADA LAHAN ORGANIK
DAN ANORGANIK DI SAWAH DAN KEBUN HORTIKULTURA
MENGUNAKAN *INSECT BAIT METHOD***

Disusun dan diajukan oleh:

Tasya Hadel Pritami

G011181109

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangkai Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Pada Tanggal *..10 Agustus.. 2022* dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Tamrin Abdullah, M.Si
NIP. 196408071990021001

Pembimbing Pendamping

Asman, S.P., M.P
NIP. 198111142014041001

Mengetahui,



Ketua Program Studi Agroteknologi

Dr. Ir. Abd. Haris B., M.Si
NIP. 196708111994031003

DEKLARASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul “Eksplorasi Cendawan Entomopatogen Pada Lahan Organik dan Anorganik di Sawah dan Kebun Hortikultura Menggunakan *Insect Bait Method*” benar adalah karya saya dengan arahan tim pembimbing, belum pernah diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Saya menyatakan bahwa, semua informasi yang digunakan telah disebutkan di dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

Makassar, 19 Agustus 2022



Tasya Hadel Pritami
G011181109

ABSTRAK

TASYA HADEL PRITAMI (G011181109), Eksplorasi Cendawan Entomopatogen Pada Lahan Organik dan Anorganik di Sawah dan Kebun Hortikultura Menggunakan *Insect Bait Method*. Dibimbing oleh **TAMRIN ABDULLAH** dan **ASMAN**.

Cendawan umumnya hidup di tanah dan terdapat lebih dari 700 spesies dari 100 ordo cendawan yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati, termasuk sebagai entomopatogen. Namun, tidak semua cendawan dari tanah berperan sebagai entomopatogen. Langkah yang dapat dilakukan untuk mengetahui keberadaan cendawan entomopatogen di tanah dapat dengan melakukan eksplorasi dengan menggunakan serangga umpan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keberadaan dan keanekaragaman jenis cendawan entomopatogen pada lahan organik dan anorganik di lahan sawah dan hortikultura. Lahan pengambilan sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sawah organik, sawah anorganik sedang, sawah anorganik tinggi, hortikultura organik, hortikultura anorganik sedang, dan hortikultura anorganik tinggi. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggali tanah sedalam 15 cm dan mengambil tanah sebanyak 500 gram. Sampel tanah yang diperoleh dari keenam lahan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan isolasi cendawan dari tanah menggunakan *Insect Bait Method* yang selanjutnya diidentifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cendawan entomopatogen yang diisolasi dari tanah berasal dari genus *Aspergillus*, *Beauveria*, *Clonostachys*, *Fusarium*, *Metarhizium* dan *Rhizopus*. Cendawan pada sawah anorganik sedang paling beragam, yakni berasal dari genus *Aspergillus*, *Beauveria*, *Clonostachys*, *Fusarium*, dan *Metarhizium*.

Kata kunci: Cendawan entomopatogen, lahan hortikultura, sawah, tanah.

ABSTRACT

TASYA HADEL PRITAMI (G011181109), Exploration of Entomopathogenic Fungi on Organic and Inorganic Land in Paddy Fields and Horticultural Fields Using The Insect Bait Method. Supervised by **TAMRIN ABDULLAH** dan **ASMAN**.

Fungi mostly live in soil and there are more than 700 species and 100 orders of fungi that have potential as biological control agents, included as entomopathogens. However, not all fungi from the soil act as entomopathogens. Steps that can be taken to determine the presence of entomopathogenic fungi in the soil can be exploration using bait insects. The aim of this research is to determine the presence and diversity of entomopathogenic fungi in organic and inorganic fields in paddy fields and horticulture. Soil sampling area used in this study consisted of organic rice fields, medium inorganic rice fields, high inorganic rice fields, organic horticulture, medium inorganic horticulture, and high inorganic horticulture. Soil sampling was carried out by digging the soil as deep as 15 cm and taking 500 grams of soil. Soil samples obtained from the six fields were brought to the laboratory for isolation of the fungus from the soil using the Insect Bait Method which was then identified. The results showed that the entomopathogenic fungi isolated from the soil came from the genera *Aspergillus*, *Beauveria*, *Clonostachys*, *Fusarium*, *Metarhizium* and *Rhizopus*. The most diverse fungi in inorganic rice fields were from the genera *Aspergillus*, *Beauveria*, *Clonostachys*, *Fusarium*, and *Metarhizium*.

Keywords: Entomopathogenic fungi, horticultural fields, paddy fields, soil.

PERSANTUNAN

Bismillaahirrohmaanirrohiim

Assalamu'alaikum warohmatullahi wabarokaatuh

Puji syukur kami panjatkan atas berkah, rahmat dan hidayah Allah subhanahu wa ta'ala yang telah memudahkan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir penulis dalam rangka meraih gelar sarjana di jenjang S1. Tak luput penulis panjatkan sholawat serta salam atas junjungan penulis, manusia paling mulia yang pernah hidup di muka bumi, yakni Nabi Muhammad shallallahu 'alaihi wa sallam yang atas berkat beliau kita dapat keluar dari gelapnya zaman jahiliyah ke zaman yang terang benderang seperti sekarang ini. Serta kepada As-Salafus Shaleh yang berkat ilmu yang mereka tuliskan dalam kitab-kitab mereka penulis dapat mempelajari ilmu-ilmu yang in syaa Allah akan bermanfaat bagi penulis di dunia maupun di akhirat.

Skripsi tak pernah lepas dari suka dan duka, begitupun dengan penulisan skripsi penulis, begitu banyak suka dan duka yang penulis dapatkan selama menyelesaikan tugas akhir ini. Terlepas dari itu semua, penulis mendapatkan banyak sekali pembelajaran dan pengalaman baru selama menyelesaikan tugas ini. Selama empat tahun terakhir ini banyak sekali pihak-pihak yang senantiasa berjasa bagi penulis, yang oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. **Orang tua saya yang saya cintai. Mama**, yang telah melahirkan saya di muka bumi serta yang selalu menjadi tempat curhat penulis. **Bapak**, yang selalu *mensupport* apapun pilihan penulis dan selalu menyemangati dalam segala keadaan. **Opa (rahimahullah)**, yang telah memberikan kasih dan sayangnya selama beliau hidup kepada penulis, yang selalu siap sedia mengantar dan menjemput penulis dan menjadi orang yang paling penulis rindukan sekarang ini. Dan **Ibu**, yang telah memberikan kasih dan sayangnya kepada penulis hingga sekarang, yang selalu mendokan dan mengharapkan kebaikan bagi penulis atas semua jalan yang penulis ambil. Terima kasih atas semua dukungan kepada penulis, karena penulis tidak akan sampai ke tahan ini tanpa dukungan dari mereka.
2. **Toddopuli Squad. Mimi**, yang telah menjadi *bestie* selama ini dan telah banyak mendengar curhatan penulis. **Mimi Pepi**, yang senantiasa mengingatkan tentang hal-hal yang berkaitan dengan agama dan selalu *mensupport* setiap jalan yang penulis ambil untuk menjadi pribadi yang lebih dekat pada ketaatan kepada Allah. **Mimi Dhika**, yang selalu menampung penulis di kantornya, jadi teman makan, teman *sharing* tentang *skin care* dan lainnya. **Afa dan Tisha**, adik-adik tersayang yang kebersamaan penulis semenjak mereka lahir hingga sekarang yang telah membantu penulis jika penulis butuh bantuan mengerjakan tugas dan pekerjaan lain penulis. **Bilal, Saqeena, Yaka, Giby, dan baby Shafiyah** yang memberikan semangat penulis atas keberadaan mereka yang menggemaskan dan menghilangkan penat penulis jika bersama dengan mereka. Terima kasih atas keberadaan dan *support* dari mereka yang karenanya penulis dapat merasakan kebahagiaan tinggal bersama dengan keluarga besar ini.
3. **Palopo Squad**. Nenek dan Kakek (*rahimahullah*) yang walaupun penulis dan mereka jarang bertemu tetapi penulis tetap bersyukur dan berterimakasih atas kasih

dan sayang mereka terhadap penulis selama ini. Mama Ana dan keluarga, Kakak Ira dan keluarga, Kakak Ipul dan Tante Lisa, Kakak Ika dan keluarga, Om Ame dan keluarga, Om Olleng dan keluarga, dan Om Use, yang telah kebersamai penulis hingga sekarang walaupun jarang memisahkan tetapi *support* dan semangat tidak henti dicurahkan kepada penulis.

4. **Dosen Pembimbing.** Bapak **Dr. Ir. Tamrin Abdullah, M.Si** dan Bapak **Asman, S.P., M.P** yang telah membimbing penulis selama mengerjakan tugas akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Terima kasih atas ilmu yang sangat bermanfaat yang telah diajarkan kepada penulis.
5. **Dosen Penguji.** Bapak **Ir. Fatahuddin, M.P**, Ibu **Dr. Sulaeha Thamrin, S.P., M.Sc**, dan Bapak **Muhammad Junaid, S.P., M.P., P.hD** yang telah memberikan saran dan masukan terhadap skripsi penulis sehingga dapat menjadi skripsi yang lebih baik.
6. **Staf HPT.** Bapak **Kamaruddin**, Bapak **Ahmad Yani, S.P., M.P**, Bapak **Ardan**, Ibu **Rahmatiah, S.H**, dan Kak **Nurul Jayanti, S.P**, yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian hingga pengurusan berkas.
7. **Bapak dan ibu petani.** Terima kasih atas kesempatan dan izin yang telah diberikan kepada penulis untuk mengambil sampel penelitian di lahan pertanian milik mereka sehingga penulis dapat melakukan penelitian penulis.
8. **Kerabat dekat penulis di kampus.** **Besse Fitri Amalia Syam, Ani Nurhidayat, Andri Yani, Nurhaliza Amir, Annisa Fadlilah A.M, Nurfidya Rahmadani**, dan **Tasya Saphira Trimulya** yang telah kebersamai penulis selama berkuliah hingga sekarang dan tidak henti memberikan dukungan kepada penulis.
9. **Teman-teman yang membantu dalam penelitian.** **Erwin Wijaya, Furnarah Satrio, Alam Syah**, dan **M. Fadel H.K** yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian penulis di lapangan sehingga penulis tidak kesusahan selama melaksanakan penelitian di lapangan.
10. **Teman-teman Agroteknologi 2018 dan Diagnosis 2018** yang telah kebersamai penulis dari maba hingga sekarang.
11. Serta semua pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan yang telah membantu penulis selama ini sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap skripsi yang telah diselesaikan ini dapat menjadi manfaat bagi banyak orang yang walaupun tulisan ini masih jauh dari kata sempurna. Saran dan kritik akan sangat membantu penulis dalam menambah ilmu penulis ke depannya. Semoga apa yang telah dilakukan hingga ke tahap ini dapat bernilai pahala bagi penulis dan orang-orang yang terlibat.

Makassar, 7 Agustus 2022

Tasya Hadel Pritami

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
DEKLARASI.....	iv
ABSTRAK.....	v
PERSANTUNAN	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	2
1.3 Hipotesis.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Cendawan Entomopatogen.....	3
2.2 Cendawan Entomopatogen di Rhizosfer	3
2.2.1 <i>Aspergillus</i>	3
2.2.2 <i>Beauveria</i>	4
2.2.3 <i>Clonostachys</i>	6
2.2.4 <i>Fusarium</i>	7
2.2.5 <i>Metarhizium</i>	8
2.2.6 <i>Rhizopus</i>	9
2.3 <i>Mode of Action</i> Cendawan Entomopatogen.....	10
2.4 <i>Tenebrio molitor</i>	12
3. METODE PENELITIAN	13
3.1 Tempat dan Waktu	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.3 Metode Pelaksanaan.....	13
3.3.1 Pengambilan Sampel Tanah.....	13
3.3.2 Isolasi Cendawan Entomopatogen.....	14
3.3.3 Media Cendawan Entomopatogen	14
3.3.4 Identifikasi Cendawan	15
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Hasil	16
4.1.1 Isolasi Cendawan dari Tanah Sawah dan Kebun Hortikultura.....	16
4.1.2 Identifikasi Cendawan dari Tanah Sawah dan Kebun Hortikultura	16
4.1.3 Keanekaragaman Cendawan Entomopatogen dari Setiap Lahan	25
4.2 Pembahasan.....	25
5. PENUTUP	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel tanah pada enam lahan berbeda dan teknik pengendalian OPT yang digunakan.....	14
Tabel 2. Jumlah isolat cendawan entomopatogen yang didapatkan dari enam lahan berbeda.....	16
Tabel 3. Keanekaragaman cendawan entomopatogen dari sampel tanah berdasarkan jenis lahan.....	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Morfologi <i>Aspergillus</i> sp., a-c. Koloni di PDA; d-h. Konidiofor; i. Konidiofor	4
Gambar 2. Morfologi <i>Beauveria</i> sp., a. Hifa dan konidia; b, f. Hifa bersepta dan denticulate rachis; c-e, g. Sel konidiogen; h. Konidia; i-j. Koloni di PDA.....	5
Gambar 3. Morfologi <i>Clonostachys</i> sp., a-b. Konidiofor primer; c, f. Konidiofor sekunder; d. Konidia dari konidiofor primer; e. Konidia dari konidiofor sekunder; g-j. Koloni di PDA.....	6
Gambar 4. Morfologi <i>Fusarium</i> sp., a-b; Koloni di PDA; c-d. Konidiofor pada permukaan daun; e-f. Sporodochia pada permukaan daun; g-k. Konidiofor dan fialid; l. false head; m-p. Sporodochia; q-r. Mikrokonidia dan makrokonidia.....	8
Gambar 5. Morfologi <i>Metarhizium</i> sp., a-b. Koloni di PDA; c-d. Pustul di PDA; e-f. Konidiofor, hifa, fialid dan konidia; g-j. Rantai konida	9
Gambar 6. Morfologi <i>Rhizopus</i> sp., a. Koloni di MEA; b. Zygospora; B1-B3. Azygospora; c,f. Columella; d. Sporangia; e. Rhizoid.....	10
Gambar 7. Proses infeksi cendawan entomopatogen ke serangga.....	12
Gambar 8. Isolat HO ₁₍₁₎ <i>Beauveria</i> sp a. Permukaan koloni di PDA; b. Bagian bawah koloni di PDA; c. Hifa; d. Sel konidiogen.....	17
Gambar 9. Isolat HO ₃ <i>Beauveria</i> sp a. Permukaan koloni di PDA; b. Bagian bawah koloni di PDA; c. Hifa; d. Sel konidiogen.....	17
Gambar 10. Isolat HO ₅ <i>Fusarium</i> sp. a. Permukaan koloni di PDA; b. Bagian bawah koloni di PDA; c. Mikrokonidia; d. Makrokonidia; e. Hifa; f. Konidiofor.....	17
Gambar 11. Isolat HAS ₄₍₁₎ <i>Fusarium</i> sp. a. Permukaan koloni di PDA; b. Bawah koloni di PDA; c. Konidia; d. Konidiofor; e. False head; f. Hifa; g. Klamidospora.....	18
Gambar 12. Isolat HAS ₆₍₁₎ <i>Fusarium</i> sp. a. Permukaan koloni di PDA; b. Bawah koloni di PDA; c. Konidia; d. Hifa; e. Fialid; f. Klamidospora	18
Gambar 13. Isolat HAS ₆₍₂₎ <i>Fusarium</i> sp. a. Permukaan koloni di PDA; b. Bawah koloni di PDA; c. Makrokonidia; d. Mikrokonidia; e. Hifa.....	19
Gambar 14. Isolat HAS ₁₁ <i>Fusarium</i> sp. a. Permukaan koloni di PDA; b. Bawah koloni di PDA; c. Klamidospora; d. Hifa.....	19
Gambar 15. Isolat HAS ₃₍₂₎ <i>Rhizopus</i> sp. a. Permukaan koloni di PDA; b. Bawah koloni di PDA; c. Konidia; d. Hifa; e. Columella; f. Apophysis; g. Sporangiofor; h. Sporangium.....	20
Gambar 16. Isolat HAT ₂₍₁₎ <i>Fusarium</i> sp. a-b. Koloni di PDA; a. Permukaan koloni di PDA; b. Bawah koloni di PDA; c. Mikrokonidia; d. Makrokonidia; e. Hifa	20
Gambar 17. Isolat HAT ₂₍₂₎ <i>Fusarium</i> sp. a. Permukaan koloni di PDA; b. Bawah koloni di PDA; c. Mikrokonidia; d. Klamidospora; e. Makrokonidia; f. Hifa; g. Fialid	21

Gambar 18. Isolat SAS ₁₍₁₎ <i>Aspergillus</i> sp. a-b. Koloni di PDA; a. Permukaan koloni di PDA; b. Bagian bawah koloni di PDA; c. Konidia; d. Hifa; e. Konidiofor	21
Gambar 19. Isolat SAS ₆ <i>Clonostachys</i> sp. a-b. Koloni di PDA; a. Permukaan koloni di PDA; b. Bagian bawah koloni di PDA; c. Konidia; d. Hifa; e. Konidiofor	22
Gambar 20. Isolat SAS ₇ <i>Clonostachys</i> sp. a-b. Koloni di PDA; a. Permukaan koloni di PDA; b. Bagian bawah koloni di PDA; c. Konidia; d. Hifa; e. Konidiofor	22
Gambar 21. Isolat SAS ₈ <i>Clonostachys</i> sp. a-b. Koloni di PDA; a. Permukaan koloni di PDA; b. Bagian bawah koloni di PDA; c. Konidia; d. Klamidospora; e. Konidiofor; f. hifa	23
Gambar 22. Isolat SAS ₂₍₁₎ <i>Fusarium</i> sp a. Permukaan koloni di PDA; b. Bawah koloni di PDA; c. Mikrokonidia; d. Makrokonidia; e. Hifa.....	23
Gambar 23. Isolat SAS ₄₍₁₎ <i>Fusarium</i> sp. a. Permukaan koloni di PDA; b. Bawah koloni di PDA; c. Konidia; d. Klamidospora; e. Hifa; f. Sporodochia.....	24
Gambar 24. Isolat SAS ₁₍₂₎ <i>Metarhizium</i> sp. a. Permukaan koloni di PDA; b. Bawah koloni di PDA; c. Konidia.....	24
Gambar 25. Isolat SAS ₁₍₂₎ <i>Metarhizium</i> sp. a-b. Koloni di PDA; a. Permukaan koloni di PDA; b. Bawah koloni di PDA; c. Konidia; d. Hifa	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel data rata-rata kelembaban selama inkubasi selama 11 hari	43
Lampiran 2. Karakteristik morfologi makroskopis dan mikroskopis cendawan entomopatogen dari lahan berbeda	43
Lampiran 3. Pengambilan sampel tanah di lahan sawah dan hortikultura.....	44
Lampiran 4. Isolasi cendawan entomopatogen dari tanah dengan serangga umpan.....	46
Lampiran 5. <i>Tenebrio molitor</i> yang mati setelah diinkubasi di dalam tanah.....	46

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hama tanaman merupakan salah satu faktor berkurangnya kualitas dan hasil panen. Pengendaliannya pun beragam, dari yang menggunakan pestisida sintetik, biopestisida, pestisida nabati, maupun yang menggunakan musuh alami dari hama yang menyerang. Dari berbagai macam pengendalian hama yang ada, diharapkan para petani di lapangan menerapkan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) demi terjaganya kelestarian lingkungan. PHT adalah konsep pengendalian hama berkelanjutan berbasis sains yang mempertimbangkan dengan cermat teknik pengendalian dengan tetap memperhatikan unsur ekologi dan ekonomi pada areal pertanian dengan memadukan berbagai strategi dan teknologi untuk menurunkan populasi hama dan mencegah perkembangan populasi hama, yang mana konsep ini mendukung pertumbuhan tanaman yang sehat dan mekanisme pengendalian hama alami (Deguine et al., 2021; Tarasco dan De Luca, 2021). Salah satu metode yang digunakan dalam PHT adalah pengendalian hayati.

Pengendalian hayati merupakan pemanfaatan organisme untuk menurunkan populasi dari organisme pengganggu tanaman, termasuk di dalamnya adalah hama (Bale et al., 2008). Organisme yang dimaksud dalam penerapan pengendalian hayati adalah pemanfaatan musuh alami. Musuh alami adalah komponen biotik yang berperan sebagai predator, parasitoid, entomopatogen, dan antagonis (pengendalian penyakit tanaman) yang berpotensi untuk meminimalkan serangan hama dengan mengatur populasinya pada agroekosistem sehingga kerusakan tanaman dapat diminimalkan (Cloyd, 2020; Ibrahim dan Mugiasih, 2020).

Penelitian terkait pemanfaatan mikroorganisme untuk pengendalian hayati hama di agroekosistem telah ada dalam literatur ilmiah sejak tahun 1970-an (Hernández-Rosas et al., 2020). Salah satu pemanfaatan mikroorganisme dalam pengendalian hayati adalah pemanfaatan musuh alami dari golongan cendawan entomopatogen yang merupakan teknik pengendalian yang saat ini dikembangkan untuk meminimalkan penggunaan pestisida sintetik yakni sebagai bahan aktif biopestisida yang bersifat *eco-friendly* (Nisfuriah dan Nunilawati, 2020; Flori et al., 2020). Tetapi dibutuhkan berbagai pendekatan sistematis dan studi terkait penentuan cendawan entomopatogen potensial yang tepat sehingga dapat digunakan sebagai biopestisida (Tarasco dan De Luca, 2021).

Cendawan entomopatogen merupakan musuh alami dari serangga hama yang bersifat heterotrof sehingga hidup sebagai parasit pada serangga hama yang mengakibatkan epizootik pada serangga (Arsi et al., 2020; Donga et al., 2021; Sharma et al., 2020). Cendawan entomopatogen juga sangat berperan penting dalam perombakan bahan organik dan menunjukkan patogenisitas spesifik pada serangga hama (Kovač et al., 2020; Santos et al., 2021). Mekanisme kerja dari cendawan entomopatogen ialah dengan melepaskan spora sehingga menginfeksi tubuh serangga inang, kemudian menyebar ke permukaan tubuh serangga inang dan selanjutnya berpenetrasi ke dalam tubuh inang dengan enzim yang dihasilkan oleh cendawan entomopatogen itu sendiri ke dalam cairan ekstraseluler serangga sehingga menyebabkan serangga inang terjangkit penyakit dan kematian serangga tidak dapat dihindari dalam kurun waktu 4-7 hari (Santos et al., 2021; Sharma dan Sharma, 2021). Patogenisitas cendawan entomopatogen sangat tergantung

dari kapabilitasnya dalam menghasilkan enzim yang efektif untuk mendegradasi integumen serangga serta komponen seluler lainnya yang mana ezim tersebut terdiri dari lipase, protase, fosfolipase, dan kitinase (Moharram et al., 2021).

Terdapat lebih dari 700 spesies dari 100 ordo cendawan yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati (Kovač et al., 2020). Cendawan entomopatogen kebanyakan diisolasi dari tanah karena habitatnya berada di rizosfer tanaman (Sharma et al., 2020). Keberadaan cendawan entomopatogen dalam tanah sangat dipengaruhi oleh iklim, sifat tanah, jenis tanaman, dan lainnya, tetapi penggunaan pestisida di areal pertanian merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap keberadaan cendawan bermanfaat ini (Donga et al., 2021; Qayyum et al., 2021)

Melimpahnya keberadaan cendawan entomopatogen di alam, sehingga dibutuhkan tindakan eksplorasi cendawan bermanfaat ini di lapangan, seperti di lahan sawah dan kebun hortikultura. Eksplorasi merupakan salah satu tekkn dalam pengendalian hayati guna untuk menemukan musuh alami seperti cendawan entomopatogen di lapangan. Eksplorasi dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya dengan cara mengisolasi cendawan entomopatogen dari tanah dengan serangga umpan (Arsi et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian mengenai eksplorasi cendawan entomopatogen pada lahan organik (tanpa penggunaan pestisida) dan anorganik (penggunaan pestisida sedang dan tinggi) di lahan sawah dan hortikultura untuk mengetahui keberadaan dan keragaman cendawan entomopatogen dengan teknik *Insect Bait Method*.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan dan keanekaragaman jenis cendawan entomopatogen pada lahan organik (tanpa penggunaan pestisida) dan anorganik (penggunaan pestisida sedang dan tinggi) di lahan sawah dan hortikultura. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi informasi mengenai kelimpahan cendawan entomopatogen di lahan pertanian yang kemudian dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan biopestisida di pasaran.

1.3 Hipotesis

Diduga keberadaan dan keragaman cendawan entomopatogen berbeda pada lahan organik (tanpa penggunaan pestisida sintetik) dan anorganik (penggunaan pestisida sedang dan tinggi) di sawah dan kebun hortikultura.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cendawan Entomopatogen

Pengendalian hayati merupakan pemanfaatan organisme untuk menurunkan populasi dari organisme lain, termasuk di dalamnya adalah mengendalikan populasi hama yang mana terdiri dari parasitoid, mikroorganisme (antagonis dan entomopatogen), dan predator (Bale et al., 2008). Dari beberapa jenis agen pengendali hayati, salah satu yang saat ini terus dikembangkan adalah pemanfaatan mikroorganisme cendawan entomopatogen yang mana merupakan bagian komponen Pengendalian Hama Terpadu (Siahaan et al., 2021; Tarasco dan De Luca, 2021). Penggunaan cendawan entomopatogen sebagai agen pengendali hayati menjadi salah satu jalan keluar dari menghindari penggunaan pestisida sintetik yang memiliki dampak negatif bagi lingkungan (Permadi et al., 2018).

Cendawan entomopatogen merupakan musuh alami serangga hama yang bersifat saprofit, berfilamen, dan bersifat heterotrof sehingga hidup sebagai parasit pada serangga hama yang mengakibatkan epizootik pada serangga hama tanpa membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan (Arsi et al., 2020; Donga et al., 2021; Santos et al., 2021; Sharma et al., 2020). Mikroorganisme bermanfaat ini memiliki daya sporulasi yang tinggi dengan siklus hidup yang pendek, mudah diproduksi secara masif, dan tahan dengan kondisi lingkungan yang buruk sehingga dapat digunakan dalam pengendalian hayati hama (Arsi et al., 2020; Donga, et al., 2021; Ilmiyah dan Rahma 2020). Cendawan entomopatogen bersifat patogenik bagi berbagai serangga dengan cakupan inang luas yang dipengaruhi oleh karakter genetik dan fisiologi dari cendawan (Permadi et al., 2018)

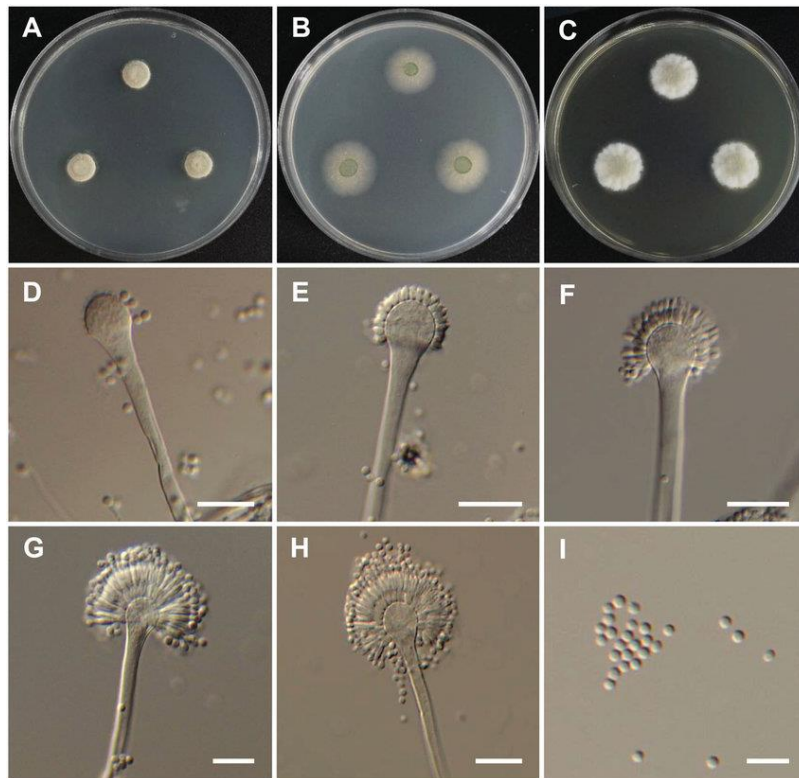
Cendawan entomopatogen dapat ditemukan pada daerah rizosfer, di dalam tanah yang beberapa jenis ada yang berperan sebagai saprofit, jaringan tanaman yang hidup sebagai endofit, dan serangga yang terinfeksi (Permadi et al., 2018; Sharma et al., 2020). Keberadaan dan keragaman cendawan entomopatogen di alam dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti iklim, sifat tanah, jenis tanaman, penggunaan lahan, dan teknik pengambilan sampel (Donga et al., 2021; Qayyum et al., 2021). Penggunaan pestisida kimiawi dapat mengurangi keberadaan populasi cendawan entomopatogen di tanah (Donga et al., 2021).

2.2 Cendawan Entomopatogen di Rhizosfer

2.2.1 *Aspergillus*

Micheli (1729) mengklasifikasikan *Aspergillus* sp. dalam golongan Kingdom: Fungi, Divisi: Ascomycota, Kelas: Eurotiomycetes, Ordo: Eurotiales
Famili: Trichocomaceae, Genus: *Aspergillus* dan Spesies: *Aspergillus* sp.

Secara morfologi, cendawan dari genus *Aspergillus* berwarna koloni putih kekuningan hingga kecoklatan, kuning kecoklatan, hijau muda, hitam, hijau keabu-abuan hingga kuning kehijauan dengan bentuk koloni bundar. Konidiofor tegak dan sederhana dengan tinggi 125-230 μm , berwarna hialin hingga coklat pucat dengan ujung konidiofor bulat serta terdapat bantalan fialid. Konidia berbentuk bulat dan bersel satu dengan spora berwarna hialin hingga hitam dengan ukuran diameter 2,4-6,4 μm (Barnett dan Hunter, 1972; Watanabe, 2002).



Gambar 1. Morfologi *Aspergillus* sp., a-c. Koloni di PDA; d-h. Konidiofor; i. Konidiofor (Nguyeng et al., 2020)

Aspergillus umumnya ditemukan di tanah, contohnya dapat ditemukan di tanah lahan pertanian padi (Naing et al., 2020; Paulussen et al., 2017). Cendawan ini dapat berperan sebagai cendawan entomopatogen dari beberapa jenis serangga seperti *Helopeltis* sp. (Supriyadi et al., 2017), *Spodoptera litura* (Fitriana et al., 2021), dan *Acythosiphon pisum* (Seye et al., 2014). Perannya sebagai entomopatogen ini dipengaruhi dari aktifitas senyawa metabolit sekunder yang disekresikan oleh cendawan.

Senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh cendawan *Aspergillus* ini berupa mikotoksin jenis aflatoksin yang dapat merusak fungsi hati serangga (Lin et al., 2021). Cendawan ini juga menghasilkan gliotoksin yang berperan sebagai faktor virulensi dalam mikosis pada serangga dan okratoksin yang dapat menekan sistem kekebalan tubuh serangga, fungsi ginjal dan mengubah formasi sel pada serangga (Pfliegler et al., 2020). Enzim juga berperan penting dalam infeksi cendawan entomopatogen, yakni enzim kitinase sebagai agen degradasi kitin pada eskoskeleton serangga, serta enzim lipase dan esterase yang berperan dalam penyerapan lipid serangga (Fitriana et al., 2021; Lin et al., 2021).

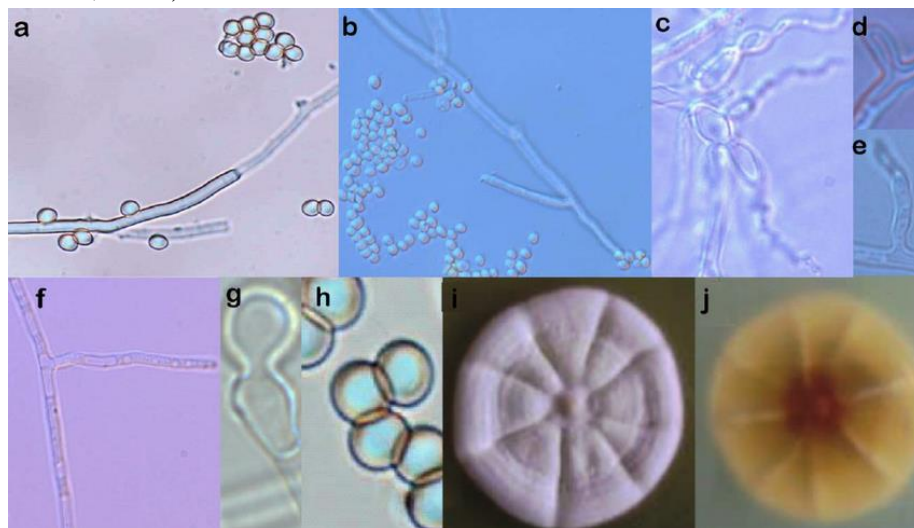
2.2.2 *Beauveria*

Barnett (1960) mengklasifikasikan *Beauveria* dalam golongan Kingdom: Fungi, Divisi: Ascomycota, Kelas: Deutromycetes, Ordo: Moniliales, Famili: Moniliaceae, Genus: *Beauveria* dan Spesies: *Beauveria* sp.

Secara makroskopis, *Beauveria* berkoloni putih hingga putih kekuningan tetapi semakin tua akan menjadi coklat kekuningan atau kuning pucat, bertekstur halus seperti tepung, miselium padat dan berpori selama sporulasi (Kovač et al., 2020; Norjmaa et al., 2019; Sari, 2020). Secara mikroskopis, hifa berseptata serta bercabang membentuk

konidiofor bercabang-cabang panjang dengan pola zig-zag bulat atau oval (Norjmaa et al., 2019; Sari et al., 2018; Sari, 2020). Konidiofor umumnya tunggal tetapi terkadang didapatkan berkelompok dengan konidia bulat dan cenderung lonjong sporulasi (Kovač et al., 2020; Norjmaa et al., 2019).

Pengendalian hama menggunakan *Beauveria* telah banyak dilakukan karena cendawan entomopatogen ini dikenal sangat efektif mengendalikan beberapa spesies serangga hama seperti rayap, kutu putih dan beberapa jenis kumbang (Siahaan et al., 2019). Bahkan dilaporkan bahwa *Beauveria* dapat menyerang lebih dari 700 spesies serangga (Kovač et al., 2020). *Beauveria bassiana* dilaporkan efektif mengendalikan *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) (Siahaan et al., 2019), *Chilo sacchariphagus* (Lepidoptera: Crambidae) (Simanjuntak, 2017), wereng dan walang sangit (Sari, 2018), serta dapat menyebabkan mortalitas hingga 86,67% pada *Spodoptera frugiperda* (Herlinda et al., 2020).



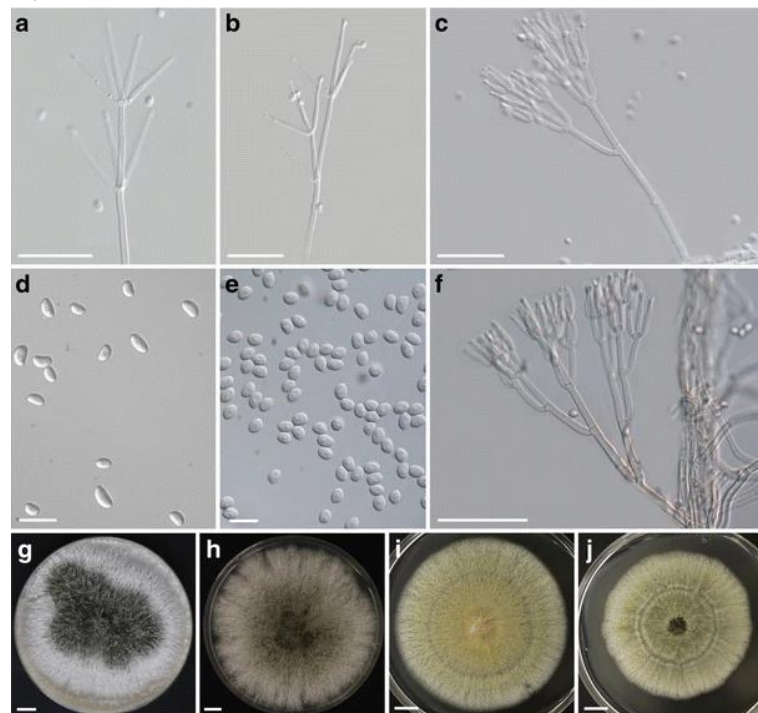
Gambar 2. Morfologi *Beauveria* sp., a. Hifa dan konidia; b, f. Hifa bersepta dan denticulate rachis; c-e, g. Sel konidiogen; h. Konidia; i-j. Koloni di PDA (Agrawal et al., 2014)

Cendawan dari genus *Beauveria* dikenal dengan virulensinya dan sifat insektisidanya yang tinggi terhadap serangga (Herlinda et al., 2020). Hal ini dikarenakan *Beauveria* mengsekresikan enzim, yaitu protease dan kitinase yang diketahui dapat mendegradasi kutikula serangga (Macuphe et al., 2021). Selain itu, dari spesies *B. bassiana* menghasilkan mikotoksin yang merupakan metabolit sekunder, yakni *beauvericin*, *bassianin*, *bassianolide*, *beauverolides*, *tenellin*, *oosporein*, *oxalic acid*, dan *calcium oxalate crystal* di mana toksin yang paling penting adalah *beauvericin*. *Beauvericin* sendiri memiliki sifat nematisida dan turunannya menunjukkan sitotoksitas dan sifat insektisida. Toksin lainnya yaitu *oosporein* memiliki sifat bakterisida dan fungisida. Tetapi mekanisme patogenitasnya beragam tergantung dari jenis mikotoksin serta inangnya, bahkan toksin yang sama akan memiliki mekanisme patogenitas dan skala toksisitas yang berbeda pada inang berbeda (Wang et al., 2021).

2.2.3 *Clonostachys*

Schroers et al (1999) mengklasifikasikan *Clonostachys* sp. dalam golongan Kingdom: Fungi, Divisi: Ascomycota, Kelas: Sordariomycetes, Ordo: Hypocreales, Famili: Bionectriaceae, Genus: *Clonostachys* dan Spesies: *Clonostachys* sp.

Secara morfologi, cendawan *Clonostachys* berwarna putih krem, oranye, kuning pucat, hingga hijau keabu-abuan pada media PDA dengan permukaan ada yang halus hingga kasar. Cendawan ini membentuk dua tipe spora yang berbeda selama masa hidupnya, yakni konidia dan klamidospora yang ukurannya lebih besar dari konidia. Konidia ada yang berbentuk ovoid, elips, oblong, bulat hingga oval. Konidiofor tegak serta bercabang berwarna hialin yang mana terdapat dua tipe pada genus ini, yakni konidiofor seperti *Penicillium* yang merupakan konidiofor sekunder dan seperti *Verticillium* yang lebih panjang dari tipe *Penicillium* yang merupakan konidiofor primer (Sun et al., 2020).



Gambar 3. Morfologi *Clonostachys* sp., a-b. Konidiofor primer; c, f. Konidiofor sekunder; d. Konidia dari konidiofor primer; e. Konidia dari konidiofor sekunder; g-j. Koloni di PDA (Moreira et al. 2016)

Cendawan ini umumnya didapatkan dari tanah karena termasuk mikroba saprofit, juga berperan sebagai endofit dan parasit (Anwar et al., 2018). *Clonostachys* awalnya terkenal dengan patogenesisnya terhadap patogen dan nematoda (Toledo et al., 2006), tetapi kini telah dilakukan penelitian mengenai virulensinya terhadap serangga hama. Dilaporkan bahwa cendawan ini dapat menyebabkan mortalitas pada *Bemisia tabaci* hingga 50,4% (Anwar et al., 2018), beberapa jenis kutu seperti *Aphis fabae* dan *Myzus persicae* (Mohammed et al., 2022) dan beberapa hama gudang seperti *Trogoderma granarium*, *Collosubruchus maculatus* dan *Tribolium castaneum* (Mohammed et al., 2021).

Mortalitas pada serangga ini dipengaruhi oleh produksi senyawa volatil yang bersifat racun terhadap serangga dan patogen (Anwar et al., 2018). Selain senyawa volatil, cendawan ini juga menghasilkan enzim yang berperan dalam proses infeksi ke serangga inang, yakni enzim pendegradasi dinding sel. Enzim yang berperan adalah kitinase dan protease yang akan menghancurkan dinding sel kutikula serangga yang kemudian mendegradasi protein yang akan digunakan sebagai nutrisi bagi cendawan (Moharram et al., 2021; Sun et al., 2020)

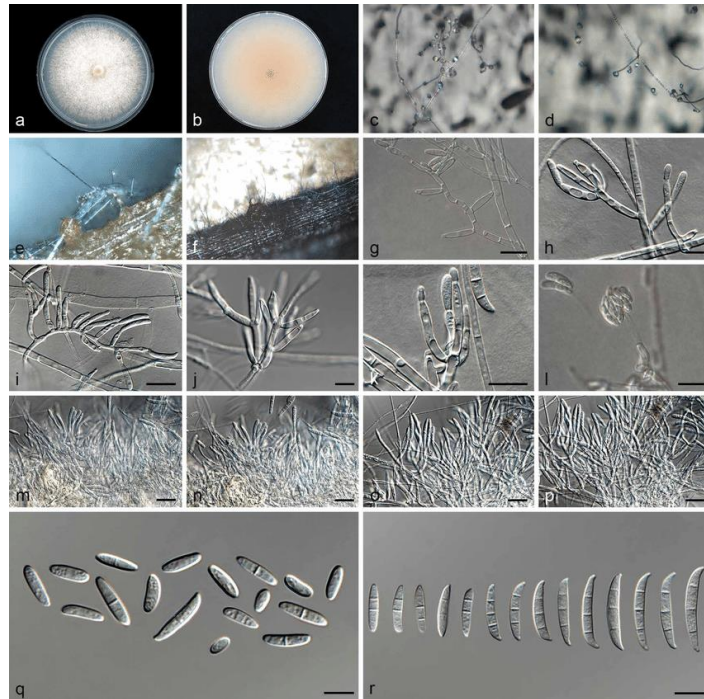
2.2.4 *Fusarium*

Link (1809) mengklasifikasikan *Fusarium* sp. dalam golongan Kingdom: Fungi, Divisi: Ascomycota, Kelas: Sordariomycetes, Ordo: Hypocreales, Famili: Nectriaceae, Genus: *Fusarium* dan Spesies: *Fusarium* sp.

Secara morfologi, cendawan ini memiliki miselium yang menyebar luas dan seperi kapas di media, dengan semburat warna pink, ungu atau kuning di miselium atau media. Konidiofor beragam, mulai dari yang ramping dan sederhana, banyak, pendek, bercabang atau yang mempunyai fialid, tunggal atau berkelompok. Makrokonidia terdiri dari tiga sampai empat sel dengan sedikit melengkung atau bengkok pada kedua ujungnya, biasa disebut berbentuk kano. Mikrokonidia bersel satu, berbentuk oblong atau ovoid yang terbentuk dalam rantai kondia atau tunggal (Barnett dan Hunter, 1972).

Fusarium ditemukan di air, tanaman, udara, dan di bahan organik (Sharma dan Marques, 2018). Kendati demikian, cendawan genus *Fusarium* umumnya hidup di area rizosfer tanaman atau di tanah yang berperan sebagai mikroorganisme pengurai dan sebagai patogen bagi tanaman (Barnett dan Hunter, 1972; Abdel-Azeem et al., 2019). Beberapa tahun belakangan ini, terdapat banyak laporan mengenai potensi yang menjanjikan *Fusarium* sp. sebagai cendawan entomopatogen (Santos et al., 2020; Guo et al., 2018). Terdapat tujuh spesies yang telah diuji patogenesisnya terhadap serangga, yakni *Fusarium avenaceum*, *F. heterosporum*, *F. oxysporum*, *F. semitectum*, *F. solani*, dan *F. rodolens* (Sharma dan Marques, 2018). *Fusarium* dilaporkan menyebabkan kematian pada *Spodoptera litura* (Chang et al., 2021) dan *Bemisia tabaci* (Anwar et al., 2018).

Peran *Fusarium* sebagai entomopatogen disebabkan mikotoksin yang dihasilkannya yang secara keseluruhan toksisitasnya tinggi (Munkvold, 2017). *Trichothecenes*, *zearalenone*, *fusarins*, *moniliformin*, *enniaticins* dan *fumonisin* mempunyai toksisitas tinggi yang menyebabkan gangguan pada sel serangga, seperti mengganggu sintesis protein, penghentian siklus sel, disfungsi sel, dan stres oksidatif (Abdel-Azeem et al., 2019; Munkvold, 2017; Sharma dan Marques, 2018). *Trichothecenes* merupakan mikotoksin yang mempunyai sitotoksitas tinggi yang menyebabkan penurunan imunitas, gangguan pertumbuhan, dan gangguan reproduksi (Abdel-Azeem et al., 2019; Rocha et al., 2005).



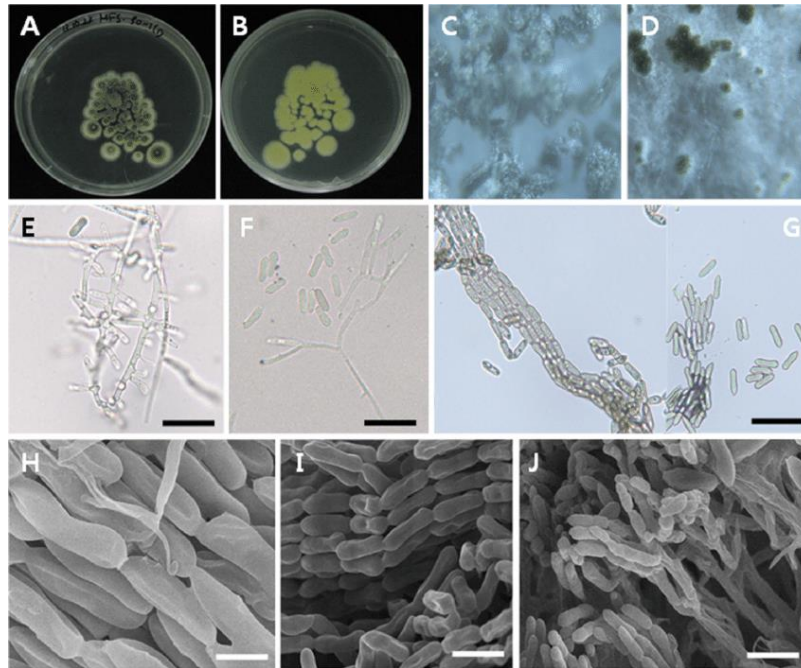
Gambar 4. Morfologi *Fusarium* sp., a-b; Koloni di PDA; c-d. Konidiofor pada permukaan daun; e-f. Sporodochia pada permukaan daun; g-k. Konidiofor dan fialid; l. false head; m-p. Sporodochia; q-r. Mikrokonidia dan makrokonidia (Lombard et al., 2019)

2.2.5 *Metarhizium*

Alexopoulos et al. (1996) mengklasifikasikan *Metarhizium* dalam golongan Kingdom: Fungi, Divisi: Ascomycota, Kelas: Deutromycetes, Ordo: Moniliales, Famili: Moniliaceae, Genus: *Metarhizium* dan Spesies: *Metarhizium* sp.

Secara makroskopis, cendawan *Metarhizium* berkoloni putih kekuningan, kemudian tumbuh dan menyebar merata pada media. Semakin tua, warna konidia akan berwarna hijau tua (Herlinda, et al., 2020). Secara mikroskopis, *Metarhizium* berseptata dengan diameter 1,98 – 2,97 μm , konidiofor tersusun tegak, berlapis serta bercabang dan dipenuhi dengan konidia, konidia bersel satu dengan warna hialin. (Ilmiyah dan Rahma, 2021). Sel konidiogen berbentuk silinder dan mengerucut pada ujungnya, konidia berbentuk silindris dengan panjang rata-rata 4,5 – 5,1 μm dengan lebar 2,1 – 2,6 μm (Bich et al., 2021).

Metarhizium merupakan salah satu cendawan entomopatogen bagi beberapa jenis serangga dan juga bersifat saprofit (Ilmiyah dan Rahma, 2021) yang mana telah populer dimanfaatkan sebagai biopestisida dengan berbagai nama dagang (Sharma et al., 2021). Cendawan *Metarhizium* sp. memiliki cakupan inang yang spesifik, yakni dari ordo Lepidoptera, Hemiptera, Diptera dan Coleoptera. Dari ordo Coleoptera sendiri hanya cendawan jenis *Metarhizium* yang dilaporkan paling efektif dalam menginfeksi kelompok dari famili Scarabaeidae (Arsi et al., 2020). Dari ordo Lepidoptera sendiri dilaporkan efektif dalam membunuh larva *Spodoptera frugiperda* dan menekan perkembangan serangga menjadi dewasa hingga mencapai 81.2% (Herlinda et al., 2020). *Metarhizium* dari spesies *M. anisopliae* juga efektif dalam membunuh imago dari *Musa domestica* (Diptera) yaitu sebesar 95% (Flori et al., 2020).



Gambar 5. Morfologi *Metarhizium* sp., a-b. Koloni di PDA; c-d. Pustul di PDA; e-f. Konidiofor, hifa, fialid dan konidia; g-j. Rantai konida (Lee et al., 2015)

Larva serangga yang mulai terinfeksi oleh cendawan *Metarhizium* sp. akan mengalami hilangnya selera makan dan mengurangi berat badan serangga. Lalu, pupa yang terpapar oleh cendawan ini akan menjadi tidak sehat, abnormal, cacat dan tidak dapat berkembang. Sedangkan serangga yang dapat tumbuh menjadi dewasa akan tumbuh tidak normal, contohnya dengan sayap yang terlipat dan tubuh yang lebih kecil dibandingkan dengan serangga yang sehat (Herlinda et al., 2020). Apabila serangga yang akibat dari infeksi *Metarhizium* sp., maka serangga akan mengering, keras, dan kaku (Arsi et al., 2020; Ilmiyah dan Rahma, 2021).

Diketahui bahwa tingkat patogenitas dan virulensi dari cendawan entomopatogen sangat bergantung pada produksi enzim dan mikotoksin saat proses infeksi. Salah satu mikotoksin yang diproduksi oleh salah satu spesies *Metarhizium* adalah *destruxin*, yang dihasilkan oleh *Metarhizium anisopliae*, terutama *destruxin* A dan E yang mana merupakan toksin yang terbukti efektif menghambat kekebalan pada serangga sehingga akan menyebabkan kematian pada serangga inang (Aw dan Hue, 2017; Yin et al., 2021). Beberapa cendawan *Metarhizium* juga memproduksi mikotoksin *cytochalasins* yang akan menargetkan komponen seluler seperti sitoskeleton yang berperan dalam transportasi intraseluler vesikel (Khorramnejad et al., 2021; Wang dan St. Leger, 2019).

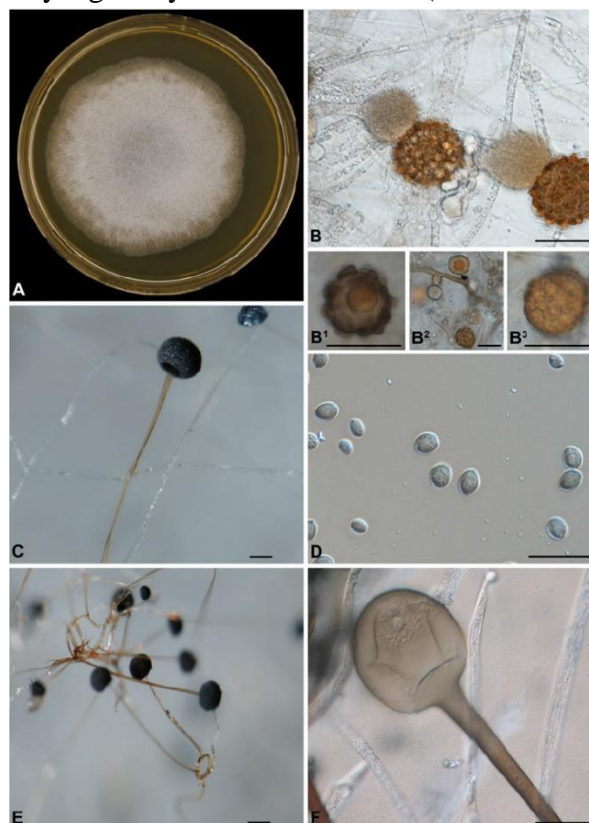
2.2.6 *Rhizopus*

Ehrenb (1821) mengklasifikasikan *Rhizopus* sp. dalam golongan Kingdom: Fungi, Divisi: Zygomycota, Kelas: Mucoromycotina, Ordo: Mucorales, Famili: Mucoraceae Genus: *Rhizopus* dan Spesies: *Rhizopus* sp.

Secara morfologi, cendawan ini memiliki sporangiofor yang tegak dengan panjang 1,5-2,5 μm berwarna kekuningan hingga coklat gelap, terdapat rizoid yang terhubung langsung dengan sporangiofor yang membawa sporangium di ujungnya. Sporangium bulat dan berwarna coklat gelap hingga hitam. Spora berbentuk *subglobose* yang

berwarna coklat pucat. Pada media PDA akan terbentuk koloni miselium yang berwarna putih hingga hitam dengan tekstur halus (Gusmiaty et al., 2020; Watanabe, 2002).

Rhizopus sudah tidak asing dibidang pertanian karena manfaatnya sebagai mikroba dalam pembuatan makanan fermentasi (Dolatabadi et al., 2013). Tak jarang cendawan ini ditemukan di tanah sebagai agen pembusukan bahan organik, seperti sisa tanaman yang mati dan membusuk. Cendawan genus ini dapat ditemui di tanah pertanaman padi hingga hutan (Abdullah et al., 2020; Payangan et al., 2019). Selain sebagai mikroba fermentasi dan pengurai, cendawan dari genus *Rhizopus* ini juga telah dilaporkan dapat menginfeksi serangga dari beberapa ordo serangga hama, yaitu Lepidoptera, Diptera, Coleoptera dan Orthoptera (Qayyum et al., 2021). Infeksi cendawan ini ke serangga inang ini dibantu oleh metabolit sekunder yang bersifat toksin bagi serangga, yaitu *rhizoxins*, *eugenol* dan *methyil eugenol* yang dapat meningkatkan kadar radikal bebas dan gangguan sistem pertahanan antioksidan yang menyebabkan kematian (Peeran et al., 2018).



Gambar 6. Morfologi *Rhizopus* sp., a. Koloni di MEA; b. Zygospora; B1-B3. Azygospora; c,f. Columella; d. Sporangia; e. Rhizoid (Dolatabadi et al., 2013)

2.3 Mode of Action Cendawan Entomopatogen

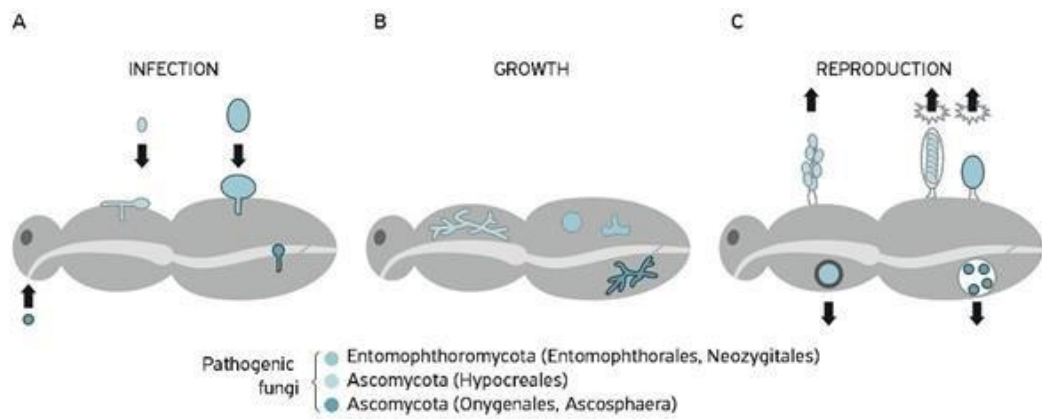
Mode of action dari cendawan entomopatogen adalah dengan memanfaatkan enzim yang ditransmisi dalam cairan ekstraseluler selama proses infeksi dan perkembangannya di dalam tubuh serangga. Enzim yang dihasilkan ini akan mempengaruhi kemampuan cendawan entomopatogen untuk menyerap nutrisi, patogenisitas dan virulensi terhadap inangnya. Patogenisitas dan virulensi cendawan entomopatogen berkaitan langsung dengan kapabilitasnya dalam menembus dan menginfeksi tubuh serangga, dengan karakteristik tersebut berhubungan dengan pelepasan mikotoksi dan produksi enzim dalam cairan ekstraseluler. Sehingga, potensi cendawan entomopatogen yang berbeda

pada serangga terjadi karena perbedaan genetik, metabolik, dan adaptasi cendawan entomopatogen terhadap lingkungan aslinya (Santos et al., 2021).

Cendawan entomopatogen akan melepaskan spora sehingga menginfeksi tubuh serangga yang kemudian menyebar di bagian luar tubuh serangga inang dan masuk ke dalam tubuh serangga melalui integumen (Flori et al., 2020; Sharma dan Sharma, 2021). Tetapi dalam menginfeksi spora pada tubuh serangga membutuhkan jumlah spora yang besar dan permukaan spora yang lengket untuk memudahkan melekat pada tubuh serangga (Sharma dan Sharma, 2021). Dalam proses penetrasi tersebut, serangga inang akan menampakkan reaksi imun humoral dan seluler untuk melawan dari penetrasi cendawan. Di samping itu, cendawan entomopatogen juga menghasilkan berbagai enzim dan mikotoksin untuk mendegradasi kutikula serangga inang (Elkhateeb et al., 2021).

Enzim yang dihasilkan oleh cendawan entomopatogen adalah lipase, protase, fosfolipase dan kitinase yang mana keempat enzim ini saling berkaitan satu sama lain. Lipase merupakan enzim yang paling pertama disekresi oleh cendawan entomopatogen sebelum ketiga enzim lainnya, enzim ini berperan dalam menghidrolisis lemak dan lilin pada integumen serangga sehingga memudahkan untuk penetrasi melalui kutikula. Protase diproduksi dalam jumlah besar setelah eksoskeleton serangga rusak yang berperan dalam degradasi protein di epikutikula yang kemudian digunakan sebagai nutrisi oleh cendawan entomopatogen. Protase bekerja secara sinergis dengan kitinase dalam mendegradasi kutikula serangga. Dan fosfolipase bertanggung jawab dalam mendegradasi fosfolipid kutikula serangga. Dari fungsinya masing-masing dapat dilihat bahwa kadar enzim sangat berpengaruh terhadap tingkat patogenitas dari cendawan entomopatogen karena dengan keberadaan enzim inilah membuat cendawan entomopatogen mudah berpenetrasi ke dalam tubuh serangga (Mohararram et al., 2021).

Setelah berhasil berpenetrasi ke dalam tubuh serangga dan membentuk hifa di dalam jaringan epikutikula, epidermis dan hemocoel serta jaringan lainnya, maka semua jaringan tubuh serangga akan dipenuhi dengan miselium (Flori et al., 2020). Jika serangga berhasil terinfeksi, maka akan menunjukkan gejala penurunan aktivitas makan akibat sistem saraf serangga terganggu dan serangga akan mengalami kematian antara 4 – 10 hari, tergantung dari jenis cendawan dan banyaknya spora yang dilepaskan (Alramadan dan Mamay, 2019; Flori et al., 2020). Gejala serangga yang mati adalah tubuh serangga akan keras dan kaku, setelah beberapa hari tidak akan terjadi perubahan pada warna tubuh serangga, lalu setelah 2–3 hari permukaan tubuh serangga akan menunjukkan miselium dengan warna sesuai jenis cendawan yang menginfeksi (Arsi et al., 2020).



Gambar 7. Proses infeksi cendawan entomopatogen ke serangga (Alramadan dan Mamay, 2019)

2.4 *Tenebrio molitor*

Frost (1959) mengklasifikasikan *Tenebrio molitor* L. dalam golongan Kingdom: Animalia, Filum: Arthropoda, Kelas: Insekta, Ordo: Coleoptera, Famili: Tenebrionidae, Genus: *Tenebrio* dan Spesies: *Tenebrio molitor* L.

Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae) merupakan serangga hama yang menyerang gudang seperti biji-bijian dan tepung. Serangga ini memiliki metamorfosis sempurna, yakni telur, larva, pupa dan imago. Imago betina bertelur sekitar 500 telur yang menetas 3–9 hari yang selanjutnya tahap larva berlangsung 1 – 8 bulan dengan warna kuning hingga coklat muda. Tahap pupa berlangsung 5 hingga 28 hari dan tahap imago berlangsung 2 – 3 bulan. Untuk ukuran larva, sekitar 2 – 3,5 cm atau lebih, dan ukuran dewasa sekitar 1 cm yang mana serangga dewasanya merupakan salah satu kumbang terbesar (Hong et al., 2020).

T. molitor merupakan salah satu serangga yang paling sering digunakan dalam *Insect Bait Method*. Hal ini dikarenakan serangga ini mudah didapatkan, pemeliharaannya murah dan penanganannya yang mudah (de Souza et al., 2015; Kim et al., 2018; Santos et al., 2021). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa isolasi cendawan entomopatogen dari tanah akan lebih efisien dengan menggunakan larva *Tenebrio molitor* sebagai serangga umpan (Chang et al., 2021).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Salassae Kabupaten Bulukumba, Desa Pataro Kabupaten Bulukumba, Desa Paccellekang Kabupaten Gowa, Desa Pattapang Kabupaten Gowa dan Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar, Sulawesi Selatan. Mulai dari bulan November 2021–Maret 2022.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggaris, *sprayer*, cawan petri, pinset, wadah ukuran 20×15×5 cm, kertas, kantong kertas, higrometer, mikroskop, *Laminar Air Flow* (LAF), bunsen, kaca preparat, *deg glass*, oven, erlenmeyer, dan *hot plate*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah dari enam titik yang telah ditentukan (tiga sampel tanah lahan sawah dan tiga sampel tanah dari lahan hortikultura), larva *T. Molitor* instar ketiga, kain kasa, kertas saring, tissue, aluminium foil, plastik *wrap*, *aquadest*, dan bahan pembuatan media *Potato Dextrose Agar* (PDA), yaitu kentang, gula, bubuk agar, dan *chloramphenicol*.

3.3 Metode Pelaksanaan

3.3.1 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah diambil secara sengaja dari agroekosistem lahan organik dan anorganik berbeda, yaitu dari sawah dan kebun hortikultura. Sampel tanah sawah organik diambil di Desa Salassae Kabupaten Bulukumba dan sawah anorganik diambil di Desa Pataro. Sedangkan sampel tanah dari kebun hortikultura anorganik diambil di Desa Pattapang Kabupaten Gowa dan sampel kebun hortikultura organik diambil di Desa Paccellekang Kabupaten Gowa.

Tanah diambil dari lahan dengan menggali tanah sedalam 10 – 15 cm menggunakan sekop. Sampel tanah telah diambil dimasukkan kedalam kantong kertas (25 × 25) sebanyak 0,5 kg dan ditutup dengan rapat. Kemudian dibawa ke laboratorium.