

**UJI ANTAGONIS JAMUR *Mucor sp.* DAN *Trichoderma harzianum*  
TERHADAP JAMUR *Penicillium digitatum* PENYEBAB PENYAKIT  
*GREEN MOLD* PADA BUAH JERUK KEPROK (*Citrus reticulata*) SECARA  
*IN VITRO***

**SKRIPSI**

**Oleh:  
M. SATRIA KHAIRURRAHMAN  
NIM. 16620014**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**UJI ANTAGONIS JAMUR *Mucor sp.* DAN *Trichoderma harzianum*  
TERHADAP JAMUR *Penicillium digitatum* PENYEBAB PENYAKIT  
*GREEN MOLD* PADA BUAH JERUK KEPROK (*Citrus reticulata*) SECARA  
*IN VITRO***

**SKRIPSI**

**Oleh:  
M. SATRIA KHAIRURRAHMAN  
NIM. 16620014**

**diajukan Kepada:  
Program Studi Biologi  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**UJI ANTAGONIS JAMUR *Mucor sp.* DAN *Trichoderma harzianum*  
TERHADAP JAMUR *Penicillium digitatum* PENYEBAB PENYAKIT  
GREEN MOLD PADA BUAH JERUK KEPROK (*Citrus reticulata*) SECARA  
IN VITRO**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**M. Satria Khairurrahman**  
NIM. 16620014

telah diperiksa dan disetujui untuk diuji  
tanggal: Juni 2023

Pembimbing I



**Prilya Dewi Fitriyasari, M. Sc.**  
NIP. 19900428 2016080 1 2062

Pembimbing II



**Oky Bagas Prasetyo, M. Pd.I.**  
NIP. 19890113 20180201 1 244

Mengetahui  
Ketua Program Studi Biologi



**Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.**  
NIP. 19741018 200312 2 002

**UJI ANTAGONIS JAMUR *Mucor sp.* DAN *Trichoderma harzianum*  
TERHADAP JAMUR *Penicillium digitatum* PENYEBAB PENYAKIT  
GREEN MOLD PADA BUAH JERUK KEPROK (*Citrus reticulata*) SECARA  
IN VITRO**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**M. SATRIA KHAIRURRAHMAN**  
NIM. 16620014

Telah Dipertahankan  
Di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima sebagai  
Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal : Juni 2023

Ketua Penguji : Prof. Dr. Ulfah Utami, M.Si.  
NIP. 19731005 200212 003  
Anggota Penguji I : Ir. Liliek Harianie AR, M.P.  
NIP. 19620901 199803 001  
Anggota Penguji II : Prilya Dewi Fitriasari, M. Sc.  
NIP. 19900428 20160802061  
Anggota Penguji III : Okky Bagas Prasetyo, M. Pd.I.  
NIP. 19890113 20180201 1 244

(  )  
(  )  
(  )  
(  )

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Biologi



  
Dr. Evika Sandi Savitri, M.P  
NIP. 19741018 200312 2 002

## MOTTO

وَمَنْ جَاهَدَ فَإِنَّمَا يُجَاهِدُ لِنَفْسِهِ إِنَّ اللَّهَ لَغَنِيٌّ عَنِ الْعَالَمِينَ ٦

(QS. AL-ANKABUT [29]:6)

“ Dan Barang Siapa Yang Berjihad, Maka Sesungguhnya  
Jihatnya Itu Adalah Untuk Dirinya Sendiri ”

“ Letakkan Dirimu Pada Tantangan Yang Membuatmu  
Terpaksa Mengeluarkan Kemampuan Terbaikmu ”

## HALAMAN PERSEMBAHAN

### بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Yang utama Dari Segalanya Puji syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikan kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasih dan kusayangi:

Ibunda dan Ayahanda Tercinta Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibu dan Ayah yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dalam kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ibu dan Ayah bahagia karna kusadar, selama ini belum bisa berbuat yang lebih. Untuk Ibu dan Ayah yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyiramiku kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasehatiku menjadi lebih baik. Terima kasih Ibu, Terimah kasih Ayah atas semua yang telah engkau berikan semoga diberi kesehatan dan panjang umur agar dapat menemani langkah kecilku bersama adikku tercinta Ahmad Muhariril Ulum menuju kesuksesan.

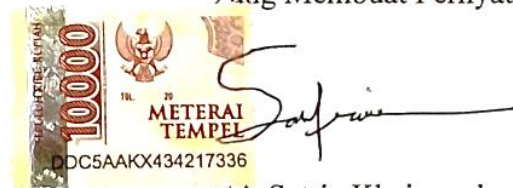
## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Satria Khairurrahman  
NIM : 16620014  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Uji Antagonis Jamur *Mucor sp.* Dan *Trichoderma harzianum* Terhadap Jamur *Penicillium Digitatum* Penyebab Penyakit *Green Mold* Pada Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*) Secara *In Vitro*.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian ini tidak terdapat unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah dan disebutkan dalam sumber kutipan atau daftar pustaka. Apabila pernyataan hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk bertanggung jawab serta diposes sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Malang, 25 Juni 2023  
Yang Membuat Pernyataan



M. Satria Khairurrahman  
NIM. 16620014

## **PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.



**Uji Antagonis Jamur *Mucor sp.* dan *Trichoderma harzianum* Terhadap Jamur *Penicillium digitatum* Penyebab Penyakit *Green Mold* pada Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*) secara *In Vitro***

M. Satria Khairurrahman, Prilya Dewi Fitriasari, Oky Bagus Prasetyo

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknolgi, Universitas Islam Negeri  
Maulana Malik Ibrahim Malang

**ABSTRAK**

*Green mold* adalah salah satu penyakit utama pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) pasca panen, yang disebabkan oleh jamur patogen *Penicillium digitatum*. Salah satu alternatif pengendalian jamur tersebut dengan penggunaan agen hayati *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi daya penghambatan jamur *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* terhadap pertumbuhan jamur patogen penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok secara *in vitro*. Jamur *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* di isolasi dengan metode *direct plating*, begitu juga dengan jamur patogen. Uji antagonis jamur *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* dilakukan secara *in vitro* dengan menggunakan metode *dual culture*. Isolat jamur antagonis *Mucor sp* mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Penicillium digitatum* dengan persentase hambatan tertinggi sebesar 54% pada perlakuan konsentrasi  $10^{-1}$  dan persentase daya hambat terendah sebesar 42% pada perlakuan konsentrasi  $10^{-3}$ . Sedangkan pada jamur *Trichoderma harzianum* mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Penicillium digitatum* dengan persentase hambatan tertinggi sebesar 50% pada perlakuan konsentrasi  $10^{-1}$  dan persentase daya hambat terendah sebesar 39% pada perlakuan konsentrasi  $10^{-3}$ . Kedua jamur antagonis tersebut memiliki potensi sebagai Agen Hayati antagonis terhadap jamur patogen.

Kata kunci: antagonis, *P. digitatum*, Jeruk, *Mucor sp*, *T. harzianum*

**Fungal Antagonist Test *Mucor sp.* And *Trichoderma harzianum* Against Fungal *Penicillium digitatum* Causes of Disease Green Mold on Citrus Fruit (*Citrus reticulata*) respectively *In Vitro***

M. Satria Khairurrahman, Prilya Dewi Fitriasari, Oky Bagas Prasetyo

Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

**ABSTRACT**

*Green mold* is one of the main diseases of tangerine fruit (*Citrus reticulata*) after harvest, which is caused by pathogenic fungi *Penicillium digitatum*. One alternative to controlling this fungus is by using biological agents *Mucor sp* and *Trichoderma harzianum*. This study aims to determine the potential inhibition of the fungus *Mucor sp* and *Trichoderma harzianum* against the growth of disease-causing fungal pathogens *green mold* on citrus fruit *in vitro*. Mold *Mucor sp* and *Trichoderma harzianum* isolated by method *direct plating*, as well as pathogenic fungi. Fungal antagonist test *Mucor sp* and *Trichoderma harzianum* against pathogenic fungi *Penicillium digitatum* done by *in vitro* by using the method *dual culture*. Antagonistic fungus isolate *Mucor sp* was able to inhibit the growth of the pathogenic fungus *Penicillium digitatum* with the highest inhibition percentage by 54% in the treatment concentration of  $10^{-1}$  and the lowest percentage of inhibition was 42% at  $10^{-3}$  concentration treatment. Whereas the fungus *Trichoderma harzianum* was able to inhibit the growth of the pathogenic fungus *Penicillium digitatum* with the highest inhibition percentage of 50% at a concentration of  $10^{-1}$  and the lowest percentage of inhibition was 39% at the concentration of  $10^{-3}$ . The two antagonistic fungi have potential as antagonistic biological agents against pathogenic fungi.

Keywords: antagonist, *P. digitatum*, Citrus, *Mucor sp*, *T. harzianum*

اختبار مضاد الفطر *Mucor sp.* و *Trichoderma harzianum* ضد الفطر *Penicillium digitatum* يسبب مرض العفن الأخضر في اليوسفي (*Citrus reticulata*) في المختبر

محمد ستريا خير الرحمن، فريليا ديوي فطرياساري، اوكي باكاس فراسيتيوا

علوم الحياة، الكلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

#### ملخص البحث

العفن الأخضر هو أحد الأمراض الرئيسية في اليوسفي بعد الحصاد (*Citrus reticulata*) ، التي تسببها الفطريات المسببة للأمراض *Penicillium digitatum*. أحد البدائل للسيطرة على الفطريات هو استخدام العوامل البيولوجية *Mucor sp* و *Trichoderma harzianum*. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد القوة المثبطة المحتملة لفطريات *Mucor sp* و *Trichoderma harzianum* ضد نمو الفطريات المسببة للأمراض التي تسبب مرض العفن الأخضر على اليوسفي في المختبر. تم الحصول على *Mucor sp* و *Trichoderma harzianum* من مختبر الأحياء الدقيقة في جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. تم إجراء اختبارات مضادة لفطريات *Mucor sp* و *Trichoderma harzianum* ضد الفطريات المسببة للأمراض *Penicillium digitatum* في المختبر باستخدام طريقة الثقافة المزدوجة. تمكنت عزل الفطريات المعادية *Mucor sp* من تثبيط نمو الفطريات المسببة للأمراض *Penicillium digitatum* مع أعلى نسبة تثبيط بنسبة 54% في علاج تركيز 10<sup>-1</sup> وأقل نسبة من القوة المثبطة 42% في علاج تركيز 10<sup>-3</sup>. في حين أن الفطريات *Trichoderma harzianum* قادرة على تثبيط نمو الفطريات المسببة للأمراض *Penicillium digitatum* مع أعلى نسبة تثبيط 50% في العلاج بتركيز 10<sup>-1</sup> وأقل نسبة من القوة المثبطة 39% في 10<sup>-3</sup> تركيز العلاج. كل من الفطريات المعادية لها إمكانات كعوامل بيولوجية معادية ضد الفطريات المسببة للأمراض.

الكلمات الرئيسية: المضاد، *Penicillium digitatum*، البرتقالي، *Mucor sp*، *Trichoderma harzianum*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah Dzat yang telah memberikan segala kenikmatan dan kerahmatan serta taufik-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Uji Antagonis Jamur *Mucor sp.* Dan *Trichoderma harzianum* Terhadap Jamur *Penicillium Digitatum* Penyebab Penyakit *Green Mold* Pada Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*) Secara *In Vitro*.

Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada teladan suci kita Rasulullah Muhammad saw, sang revolusioner Islam yang telah mengajak manusia dari kedholiman menuju keadilan dan mengeluarkan manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang yakni *ad-din al-Islam*.

Selanjutnya penulis haturkan terimakasih seiring doa dan harapan jazakumullah ahsanal jaza' kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terimakasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. HM. Zainuddin MA. Selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M. Si. Selaku Dekan Fakultas sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P. selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prilya Dewi Fitriyani, M. Sc. sebagai dosen pembimbing Program Studi Biologi Yang telah sabar memberikan waktunya untuk membimbing, dan memberikan arahan penulis, sehingga skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat-Nya kepada beliau beserta keluarganya. Aamiin.
5. Oky Bagas Prasetyo, M. Pd.I. selaku dosen pembimbing integrasi sains dan agama yang memberikan arahan serta pandangan sains dari perspektif Islam sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat-nya kepada beliau beserta keluarganya. Aamiin.

6. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa materil maupun moril.

Penulis mengakui bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna karna masih banyak kekurangan didalamnya. Penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi.

*Amin yarobbal Alamin.*

*Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Malang, 25 Juni 2023

Penulis,

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
الخلاصة.....	<b>x</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	8
1.3 Tujuan Penelitian .....	8
1.4 Manfaat Penelitian .....	9
1.5 Batasan Masalah .....	9
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Jeruk Keprok ( <i>Citrus reticulata</i> ) .....	11
2.1.1 Sejarah Tanaman Jeruk <i>Citrus reticulata</i> .....	11
2.1.2 Deskripsi Tanaman Jeruk Keprok ( <i>Citrus reticulata</i> ) .....	12
2.1.3 Habitat dan Distribusi Grapis Jeruk Keprok ( <i>Citrus reticulata</i> ) .....	15
2.1.4 Manfaat Jeruk Keprok ( <i>Citrus reticulata</i> ).....	16
2.1.5 Kandungan Kimia Jeruk.....	16
2.2 Jamur .....	19
2.3 Jamur Patogen .....	21

2.4 Jamur <i>Penicillium digitatum</i> Penyebab Penyakit Green Mold pada Pada Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus reticulata</i> ) .....	24
2.5 Jamur <i>Mucor sp</i> dan <i>Trichoderma harzianum</i> sebagai Agensia Hayati ...	28
2.5.1 <i>Mucor sp</i> .....	28
2.5.2. <i>Trichoderma harzianum</i> . ....	33
2.6 Mekanisme Kerja Antijamur.....	37

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Rancangan Penelitian .....	39
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	39
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	39
3.3.1 Alat Penelitian .....	39
3.3.2 Bahan Penelitian.....	40
3.4 Prosedur Penelitian.....	40
3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan .....	40
3.4.2 Pembuatan Media <i>Potato Dextrose Agar (PDA)</i> .....	40
3.4.3 Peremajaan Jamur Antagonis <i>Mucor sp</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> , dan jamur patogen <i>Penicillium digitatum</i> .....	40
3.4.4 Pengenceran Jamur Antagonis ( <i>Dilution Methods</i> ).....	41
3.4.5 Uji Antagonis Jamur <i>Mucor sp</i> dan <i>Trichoderma harzianum</i> terhadap jamur patogen <i>Penicillium digitatum</i> .....	42
3.4.6 Parameter Pengamatan .....	43
3.5 Pengamatan Mekanisme Antagonis .....	44
3.6 Analisis Data .....	44

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Uji Antagonis Jamur <i>Mucor sp</i> terhadap Jamur Patogen <i>Penicillium digitatum</i> .....	45
4.2 Uji Antagonis Jamur <i>Trichoderma harzianum</i> terhadap Jamur Patogen <i>Penicillium digitatum</i> .....	49
4.3 Mekanisme Penghambatan (Interaksi) antara Jamur Antagonis <i>Mucor sp</i> dan <i>Trichoderma harzianum</i> terhadap Jamur Patogen <i>Penicillium digitatum</i> Penyebab penyakit <i>Green Mold</i> pada Buah Jeruk Keprok ( <i>Citrus reticulata</i> ).....	55

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....59

5.2 Saran.....59

**DAFTAR PUSTAKA .....60**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jeruk Keprok ( <i>Citrus reticulata</i> ).....	13
Gambar 2.2 Jamur Patogen Secara Makroskopis dan Mikroskopis <i>Penicillium digitatum</i> .....	26
Gambar 2.3 Jamur Antagonis Secara Makroskopis dan Mikroskopis <i>Mucor sp</i> .....	30
Gambar 2.4 Jamur Antagonis Secara Makroskopis dan Mikroskopis <i>Trichoderma harzianum</i> .....	34
Gambar 3.1 Metode Pengenceran (Dilution Methods).....	42
Gambar 3.2 Metode <i>dual culture</i> .....	43
Gambar 4.1 Uji Antagonis <i>Mucor sp</i> vs <i>Penicillium digitatum</i> secara Makroskopis dan Mikroskopis .....	46
Gambar 4.2 Uji Antagonis <i>Trichoderma harzianum</i> vs <i>Penicillium digitatum</i> secara Makroskopis dan Mikroskopis .....	50
Gambar 4.3 A. Interaksi Jamur <i>Mucor sp</i> terhadap Patogen <i>Penicillium digitatum</i> , B. Interaksi Jamur <i>Trichoderma harzianum</i> terhadap <i>Penicillium digitatum</i> .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Rata-rata Diameter Koloni (cm) Jamur Antagonis <i>Mucor sp</i> dan Jamur Patogen <i>Penicillium digitatum</i> .....	46
Tabel 4.2 Rata-rata Persentase Hambatan Pertumbuhan <i>Mucor sp.</i> Terhadap Jamur Patogen <i>Penicillium digitatum</i> pada hari ketiga .....	47
Tabel 4.3 Rata-rata Diameter Koloni (cm) Jamur Antagonis <i>Trichoderma harzianum</i> dan Jamur Patogen <i>Penicillium digitatum</i> .....	49
Tabel 4.4 Rata-rata Persentase Hambatan Pertumbuhan <i>Trichoderma harzianum.</i> Terhadap Jamur Patogen <i>Penicillium digitatum</i> pada hari kelima .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Alur Penelitian .....	67
Lampiran 1.2 Langkah Kerja .....	68
Lampiran 1.3 Diameter Koloni Jamur Antagonis Vs Jamur Patogen .....	70
Lampiran 1.4 Persentase Daya Hambat Jamur Antagonis Terhadap Jamur Patogen .....	71
Lampiran 1.5 Analisis Sidik Ragam (ANOVA) .....	73
Lampiran 1.6 Dokumentasi Jamur Antagonis dan Jamur Patogen .....	74
Lampiran 1.7 Dokumentasi Uji Antagonis .....	76

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Jeruk keprok (*Citrus reticulata*) merupakan jenis jeruk yang banyak beredar di Indonesia, jeruk keprok banyak ditemukan baik dipasar tradisional maupun pasar modern, jeruk keprok merupakan salah satu jeruk yang banyak diminati oleh masyarakat Indonesia, jeruk keprok memiliki rasa daging buah yang manis, kulit yang berwarna kuning mengkilap serta bertekstur halus, dan jenis jeruk keprok ini mampu bersaing dengan jeruk impor (Derwin, 2022).

Produksi jeruk keprok di Indonesia periode tahun 2017-2020 terus mengalami peningkatan pada setiap tahunnya, dimana hasil produksi jeruk keprok pada tahun 2017 mencapai 2.165.189 ton, tahun 2018 mencapai 2.408.043 ton, tahun 2019 mencapai 2.444.518 ton, tahun 2020 mencapai 2.593.384 ton dan pada tahun 2021 produksi jeruk keprok mengalami penurunan 2.401.064 ton (BPS, 2021). Dari produksi jeruk yang melimpah menjadikan negara Indonesia menduduki peringkat ke-8 dunia setelah negara Mesir dengan nilai rata-rata produksi mencapai 2.722.952 ton. Nilai tersebut mencakup semua jenis jeruk mulai dari jeruk siam, jeruk lemon, jeruk keprok, jeruk manis dan jeruk nipis (Melisa, 2022).

Jeruk memiliki manfaat yang sangat baik bagi tubuh, dimana pada jeruk memiliki kandungan Vitamin C yang tinggi. Mengingat akan tingginya manfaat dari buah jeruk, masyarakat pada umumnya sering mengkonsumsi dalam keadaan buah segar ataupun dalam bentuk jus. Menurut Fitriyana (2017) Vitamin C merupakan kandungan yang cukup tinggi dalam buah jeruk keprok, Vitamin C

mudah teroksidasi oleh panas dan udara, kandungan tembaga dan besi dapat mempercepat proses oksidasi tersebut (Tahir, *et al.*, 2018).

Disamping itu Vitamin C juga merupakan vitamin yang larut dalam air dan stabil dalam larutan asam. Tubuh manusia membutuhkan Vitamin C yang cukup, yang bertujuan untuk memelihara fungsi dari metabolisme. Tubuh manusia memerlukan Vitamin C dari luar, khususnya makanan. Dikarenakan Vitamin C tidak bisa di sintetis dalam tubuh manusia. Disamping itu Vitamin C juga berfungsi sebagai antioksidan yang bertujuan untuk menangkal radikal bebas, membantu menjaga kesehatan sel dalam tubuh, serta memperbaiki imunitas tubuh (Fitriyana, 2017). Vitamin C juga berperan penting untuk mengaktifasi enzim prolil hidroksilase yang menunjang sintesis kolagen dalam tubuh. Tanpa adanya Vitamin C serabut kolagen yang terbentuk dalam tubuh akan cacat dan lemah. Vitamin C juga dapat membantu absorpsi dalam mereduksi besi menjadi feri dan fero (Fitriyana, *et al.*, 2020).

Berkaitan dengan manfaat yang terkandung pada tanaman Jeruk, Allah SWT berfiran dalam Kitab Suci Al-Qur'an Surah Al-A'araf ayat ke-58 yang berbunyi:

وَالْبَلَدِ الطَّيِّبِ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكِدًا كَذَلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ  
يَشْكُرُونَ ٥٨

Artinya: “Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya Hanya tumbuh merana. Demikianlah kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (kami) bagi orang-orang yang bersyukur.”

Seperti yang ditunjukkan oleh Tafsir Al-Mishbah dalam Quraish Shihab (2002) Sebagaimana ada perbedaan antara tanah dengan tanah, demikian juga ada perbedaan antara kecenderungan dan potensi jiwa manusia dengan jiwa manusia

yang lain. Dan tanah yang baik, yakni yang subur dan selalu dipelihara, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seisin, yakni berdasar kehendak Allah yang ditetapkan-Nya melalui hukum-hukum alam dan tanah yang buruk, yakni yang tidak subur. Allah tidak memberinya potensi untuk menumbuhkan buah yang baik, karena itu tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana, hasilnya sedikit dan kualitasnya rendah.

Demikianlah Kami mengulangulangi dengan cara beraneka ragam dan berkali-kali ayat-ayat, yakni tandatanda kebesaran dan kekuasaan Kami bagi orang-orang yang bersyukur, yakni yang mau menggunakan anugerah Allah sesuai dengan fungsi dan tujuannya. Ini adalah ilustrasi bagi orang-orang yang tidak percaya. Hal ini menunjukkan bahwa Allah telah menjadikan tumbuh-tumbuhan yang baik dari tanah yang subur, keanekaragaman tumbuh-tumbuhan yang jelas dirunut sifat-sifatnya merupakan bukti keagungan Allah dan makanan yang diberikan Allah kepada manusia untuk dimanfaatkan dengan baik dalam kehidupan sehari-hari.

Umumnya, jeruk yang berada di dalam negeri memiliki kualitas yang lebih rendah dan belum mampu bersaing dengan jeruk impor, sehingga harga jualnya relatif lebih rendah dibandingkan dengan jeruk impor. Salah satu masalah utama dari rendahnya kualitas buah jeruk adalah akibat serangan mikroorganisme paska panen. Mikroorganisme yang menyerang buah jeruk sangat beranekaragam. Seperti yang ditunjukkan oleh Deciana, *et al.*, (2014) banyak mikroorganisme yang menyerang buah jeruk, antara lain jamur *Colletotrichum sp.*, *Penicillium sp.*, dan beberapa mikroorganisme lainnya. Serangan jamur pada buah jeruk dapat mengakibatkan kerugian. Jamur *Penicillium digitatum* merupakan salah satu

patogen utama penyebab penyakit kapang hijau (*green mold*) pada buah jeruk (Deciana, *et al.*, 2014).

Kerusakan buah jeruk yang disebabkan oleh jamur *Penicillium digitatum* sekitar 10% hingga 30 %, namun dalam kondisi parah dapat mencapai 50 %, sehingga menyebabkan kerugian ekonomi yang sangat signifikan (Chen, *et al.*, 2019)., maka dari itu perlu diperhatikan dan dipikirkan jalan keluarnya. Pertumbuhan jamur patogen secara signifikan pada suatu komoditas pangan dapat menyebabkan penurunan kualitas pangan dan menyebabkan kerugian. Hal ini karena aktivitas metabolisme jamur tersebut mengandung toksin yang berbahaya bagi kesehatan manusia, sehingga produk pangan tidak layak untuk dikonsumsi dan diperjual belikan (Deciana, *et al.*, 2014).

Fungisida sintetis masih sering digunakan oleh petani dalam membasmi penyakit pada tanaman. Fungisida sintetis diketahui dapat membasmi penyakit pada tanaman dalam waktu yang cepat, perihal tersebut dikarenakan senyawa kimia yang terkandung dalam fungisida sintetis. Penggunaan fungisida sintetis dalam waktu yang lama akan mengakibatkan resistensi terhadap jamur patogen, mampu membunuh mikroorganisme lain yang berada disekitar tanaman, berbahaya untuk manusia serta harga yang cukup tinggi dari fungisida sintetis (Rika, *et al.*, 2020). Penggunaan Fungisida sintetis dengan cara tidak tepat akan berdampak buruk bagi ekosistem yang ada, maka dari itu para peneliti terus mengembangkan inovasi-inovasi baru serta pengembangan teknologi baru tepat guna, efektif dan ramah lingkungan dalam pengendalian suatu penyakit.

Menurut Meta, *et al* (2022) pengendalian penyakit akibat serangan jamur patogen dapat dilakukan dengan menggunakan biofungisida yang bersifat ramah lingkungan dan mudah diperoleh. Agen hayati yang sering digunakan antara lain pemanfaatan mikroorganisme, pemanfaatan metabolit sekunder dari ekstraksi tanaman dan pemanfaatan hewan predator. Memanfaatkan agen hayati untuk pengendalian penyakit pada tanaman merupakan solusi jangka panjang yang paling tepat untuk diterapkan. Pengendalian hayati yang sering diterapkan adalah pemanfaatan mikroorganisme yang memiliki kemampuan antagonis terhadap patogen penyebab penyakit. Mikroorganisme merupakan sumber enzim yang paling tepat untuk digunakan dibandingkan dengan pemanfaatan hewan predator dan ekstraksi metabolit sekunder dari tumbuhan, hal tersebut dikarenakan mikroorganisme secara pertumbuhan lebih cepat dan dapat tumbuh pada substrat yang murah.

Menurut Arifah (2016) dalam penelitiannya melaporkan jamur *Mucor sp* memiliki potensi sebagai jamur antagonis pada penyakit pokahbung pada tanaman tebu yang disebabkan oleh jamur patogen *Saccharum officinarum* dengan persentase hambatan tertinggi sebesar 42,69 % pada kode isolate F3 (*Mucor sp.2*), persentase berikutnya sebesar 35,82% dengan kode isolate F2 (*Mucor sp.1*). Penelitian lain yang dilakukan oleh Masrurin (2017) juga menjekaskan bahwa jamur antagonis *Mucor sp* memiliki potensi anti mikroba terhadap *Staphylococcus aureus* dengan zona hambat ( $5,58 \pm 1,41$  mm), *Escherichia coli* dengan zona hambat ( $9,18 \pm 0,96$  mm), *Candida albicans* dengan zona hambat ( $19,42 \pm 3,32$  mm), *Collectotricum acutatum* dengan zona hambat ( $19,57 \pm 3,43$  mm), dan *Phytophthora cactorum* dengan zona hambat ( $19,88 \pm 3,61$  mm). Dalam penelitian



menginformasikan bahwa kandungan metabolit sekunder pada jamur *Mucor sp*, memiliki potensi tertinggi dalam menghambat 5 mikroorganisme tersebut.

Selain jamur *Mucor sp*, jamur *Trichoderma harzianum* juga berperan sebagai jamur antagonis. pada penelitian yang dilakukan oleh Alfizar (2016) menginformasikan bahwa jamur antagonis *Trichoderma harzianum* yang diperoleh dari daun cacao mampu menghambat pertumbuhan beberapa jamur patogen seperti *Fusarium sp*, *Sclerotium rolfsii* dan *Capsicum capsici*, uji tersebut dilakukan secara *in vitro* dan diperoleh daya hambat tertinggi sebesar 28,5% terdapat pada jamur patogen *C. capsici*, kemudian diikuti *Fusarium sp* dan *S. rolfsii*.

Dalam penelitian lain yang dilakukan oleh Aini (2015), jamur *Trichoderma harzianum* diantagoniskan dengan jamur patogen penyebab penyakit busuk buah cabai atau dikenal dengan penyakit antraknos yang disebabkan oleh jamur patogen *C. acutatum* dan *C. capsici*, dalam penelitian tersebut diperoleh hasil jamur *Trichoderma harzianum* mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *C. capsici* dengan persentase 28,5% dengan menggunakan metode *dual culture* dan 22,2% pada metode *culture filtrate*. Sedangkan pada jamur patogen *C. acutatum* persentase hambatannya mencapai 30,4% dengan menggunakan metode *dual culture* dan pada metode *culture filtrate* diperoleh persentase sebesar 37,5%. Mekanisme antagonis yang terjadi antara jamur *Trichoderma harzianum* dengan jamur patogen *C. capsici* dan *C. acutatum* berlangsung secara kompetitif dan antibiosis.

Penelitian ini ingin menggali potens jamur antagonis sebagai agen pengendalian hayati perlu dilakukan. Sebagaimana firman Allah SWT yang

berkaitan dengan potensi jamur endofit sebagai antagonis, dalam Al-Quran surat surat Al-Hijr ayat 19-20 yaitu:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَوْزُونٍ ۖ وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعَايِشَ  
وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرِزْقِينَ ۚ

Artinya: “Dan kami Telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran. Dan kami Telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (Kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezki kepadanya.” (Q.S Al-Hijr 19-20).

Lafadz موزون "ukuran" dalam Tafsir Al-Mishbah dalam Qurais Shihab (2002)

Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran, dipahami oleh sementara ulama dalam arti bahwa Allah swt. Menumbuhkembangkan di bumi ini aneka ragam tanaman untuk kelangsungan hidup dan menetapkan bagi tiap-tiap tanaman itu masa pertumbuhan dan penuaian tertentu, sesuai dengan kuantitas dan kebutuhan makhluk hidup. Demikian juga, Allah swt. Menentukan bentuknya sesuai dengan penciptaan dan habitat alamnya.

Ayat Al-Quran yang disebutkan di atas menjelaskan bahwa Allah telah menciptakan segala sesuatu menurut standarnya, bahkan jamur antagonis, yang sangat kecil atau tidak terlihat oleh mata telanjang. Uji antagonis merupakan salah satu cara uji yang digunakan untuk mengetahui potensi jamur antagonis ini. Allah SWT juga menjelaskan bahwa setiap makhluk memiliki kelebihan yang dapat bermanfaat bagi makhluk lain, seperti halnya jamur antagonis yang diketahui memiliki beberapa potensi, salah satunya adalah menghambat pertumbuhan patogen lain yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman. Uji yang dikenal sebagai uji antagonis dilakukan untuk menunjukkan bahwa mikroorganisme yang bersifat antagonis dapat menekan aktivitas jamur patogen di sekitarnya.

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan uji antagonis untuk mengetahui potensi jamur antagonis *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* sebagai jamur antagonis dalam menekan pertumbuhan jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok *Citrus reticulata*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan dan digunakan untuk memerangi penyakit yang sering menyerang buah jeruk yang menyebabkan kerugian bagi petani.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Pada konsentrasi berapakah jamur antagonis *Mucor sp* ber potensi menekan jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) secara *in vitro*?
2. Pada konsentrasi berapakah jamur antagonis *Trichoderma harzianum* ber potensi menekan jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) secara *in vitro*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, Tujuan dari Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui konsentrasi efektif jamur antagonis *Mucor sp* dalam menekan pertumbuhan jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) secara *in vitro*.

2. Untuk mengetahui konsentrasi efektif jamur antagonis *Trichoderma harzianum* dalam menekan pertumbuhan jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) secara *in vitro*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat yang diharapkan peneliti dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai jamur *Mucor sp* yang memiliki potensi sebagai agen antagonis terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) secara *in vitro*.
2. Memberikan informasi mengenai jamur *Trichoderma harzianum* yang memiliki potensi sebagai agen antagonis terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) secara *in vitro*.
3. Dapat dijadikan sebagai sumber informasi bagi peneliti berikutnya.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan Masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jamur Antagonis yang digunakan dalam penelitian kali ini merupakan isolat murni koleksi Laboratorium Institut Pertanian Bogor Culture Collection (IPBCC).
2. Jamur Patogen yang digunakan dalam penelitian ini merupakan isolat murni koleksi Laboratorium Mikrobiologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3. Uji antagonis dilakukan secara *in vitro* dengan menggunakan metode *dual culture* terhadap jamur patogen penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*).
4. Parameter yang diamati yaitu diameter koloni (Cm), persentase daerah hambatan (%) dan mekanisme Penghambatan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*)**

##### **2.1.1 Sejarah Tanaman Jeruk *Citrus reticulata***

Benua Asia merupakan tempat tanaman jeruk tumbuh subur, buah jeruk merupakan buah tahunan atau buah musiman. Jeruk diyakini pertama kali ditanam di negara Cina. Jeruk telah tumbuh baik secara alami maupun dibudidayakan di Indonesia selama ratusan tahun. Belanda membawa jeruk manis dan jeruk keprok dari Amerika dan Italia ke Indonesia (Menegristek, 2015).

Tanaman jeruk sudah lama tumbuh di Asia tropis dan Indonesia. Karena tanaman jeruk berasal dari negara-negara Asia tropis seperti India, Cina Selatan, Australia Utara, dan Indonesia. Warna dan bentuk buah jeruk dari Asia memang khas dan menarik. Biasanya, hanya jeruk “*Citroen*” yang dikenal di Eropa sekitar 300 SM.

Menurut Kanisius (2011), Jeruk Mandarin baru dikenal pada tahun 1400 Masehi. Enam genus jeruk adalah *Citrus*, *Microcitrus*, *Fortunella*, *Poncirus*, *Cymedia*, dan *Eremocirus*, dan mengandung banyak spesies. *Citrus*, *Fortunella*, dan *Poncirus* adalah genus yang terkenal. *Citrus reticulata*, juga dikenal sebagai jeruk keprok atau jeruk mandarin, adalah spesies jeruk yang terkenal di Indonesia. Menurut Sunarjono (2008), jeruk keprok dan jeruk siam dapat ditemukan di daerah Garut, Tawangmangu, Madura, Sumatera Barat, dan Kalimantan Barat Indonesia.

### 2.1.2 Deskripsi Tanaman Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*)

Menurut Hamidah, (2018), klasifikasi tanaman jeruk dalam sebuah sistematika tumbuhan adalah sebagai berikut:

Divisio : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)

Class : Dicotyledonae (biji keeping dua)

Ordo : Rutales

Familia : Rutaceae

Genus : Citrus

Spesies : *Citrus reticulata*.

Jeruk merupakan famili dari *Rutaceae*, yang memiliki perakaran tunggang panjang serta dipenuhi oleh akar-akar serabut. Bilamana akar tunggang dari tanaman jeruk telah menempuh tanah yang keras atau tanah yang kadar airnya tinggi, maka pertumbuhan akar akan berhenti. Tetapi apabila pada tanaman jeruk memiliki tekstur tanah yang gembur, maka akar tunggang dari tanaman jeruk bisa mencapai 4 meter. Unsur hara yang tersedia pada tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan dari akar dimana pada kedalaman 0,15 m-0,50 m kandungan unsure hara sangatlah tinggi (Soelarso, 1996).



**Gambar 2.1 Jeruk Kepron (*Citrus reticulata*)** (Torshabi, M., dkk, 2023).

Batang tanaman jeruk (Gambar2.1) berkayu dan keras. Batang jeruk bisa tumbuh tinggi mencapai 15 meter atau lebih, dikarenakan batang jeruk tumbuh tegak dan mempunyai percabangan serta ranting yang jumlahnya sangat banyak, sehingga dapat membentuk mahkota yang tinggi. Tergantung jenisnya, cabang tanaman jeruk ada yang tumbuh tegak membentuk sudut  $<45^{\circ}$ , ada pula yang bersudut  $>45^{\circ}$ . Batang tanaman berkulit halus serta berwarna kecoklatan, dan pada batang tersebut pada jenis-jenis tertentu terdapat duri dan ada juga yang tidak (Cahyono, 2005).

Daun pada tanaman jeruk terdiri dari dua bagian, dimana ada lembaran daun kecil dan lembaran besar, pada ujung daun berbentuk runcing, dan pada pangkalnya juga berbentuk runcing, tetapi daun agak rata, helai daun bertekstur tebal dan kaku. Permukaan bagian atas daun mengandung zat pectin, lilin, mengkilap, licin, dan berwarna hijau tua serta memiliki tulang-tulang daun menyirip, dan pada bawah permukaan daun berwarna hijau muda (Cahyono, 2005).

Bentuk daun bulat telur (elips), lebar 2-8 cm dan panjang 5-15 cm. Ujungnya berbentuk runcing sedikit tumpul dan biasanya sedikit berlekuk. Pada



jenis-jenis jeruk tertentu bagian tepi daun kadang-kadang bergerigi, halus tidak berbulu pada kedua permukaannya. Permukaan bawah berwarna hijau kekuningan muda hingga kusam dengan bintik-bintik hijau tua, sedangkan permukaan atas berwarna hijau tua mengkilat dengan bintik-bintik kuning muda. Jika dilihat dari permukaan daun berwarna hijau muda. Bagian bawah daun memiliki 7-15 pasang cabang (Pracaya, 1998).

Saat terbuka penuh, bunganya berdiameter 2 hingga 3 cm dan tumbuh di ketiak daun. Bau sangat harum. Kelopak berbentuk cangkir yang berdiameter antara 0,4 dan 0,5 meter. Mahkota bunga memiliki 5 helai, berwarna putih atau kekuningan, dan berbentuk bulat telur. Itu menyempit di bagian bawah dan tumbuh atau menunjuk ke ujung yang tidak berambut. Mahkota yang panjangnya 1-2 cm dan lebar 0,5-0,7 cm dibentuk oleh benang sari yang lebih pendek dari mahkota yang mengelilinginya. Benang sari yang berwarna putih dan tidak berbulu serta terletak di dalam mahkota. Bakal buah berdiameter 2-2,5 mm, bulat, mengkilat, dan berwarna hijau kekuningan. Tangkai putik panjang berwarna putih kehijauan (Pracaya, 1998).

Cahyono (2005) menambahkan bahwa bunga jeruk dianggap sempurna karena mengandung kelamin jantan dan betina dalam satu bunga. Tanaman jeruk berbunga tunggal, dengan bunga berbentuk bintang dan memiliki tipe bunga radikal simetris, terkadang 2-4 bunga (majemuk). Bunganya memiliki aroma yang harum dan banyak mengandung nektar.

Menurut Sumeru (2004), jeruk memiliki permukaan buah yang halus, bentuk bulat sampai pendek, dan berat rata-rata 55-86% per buah. Buah jeruk

memiliki kulit luar (albedo), kulit dalam (flavedo), dan segmen buah (endocarp). terdiri dari gelembung-gelembung kecil yang berisi cairan dan terbungkus oleh jeruk Segmen (endokarp). Buah jeruk memiliki tekstur yang lembut, halus, banyak mengandung air, dan buah segar rasanya manis hingga sedikit asam. Dalam satu buah berkisar antara 8-15 segmen buah, bergantung pada varietasnya (Cahyono, 2005).

Buah jeruk manis memiliki bentuk bulat atau hampir bulat, tangkai bulat, dan kulit berwarna hijau hingga kuning mengkilat. Kulit buah jeruk sulit dilepaskan. Bunga jeruk manis berukuran cukup besar, kelopaknya membentuk cawan bertangkai berwarna kuning dan memiliki 5 helai. Menurut Rukmana (2003), bunga yang masih kuncup memiliki 20 sampai 30 helai dan berwarna putih atau putih kekuningan.

### **2.1.3 Habitat dan Distribusi Grapis Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*)**

Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*) merupakan tanaman yang berasal dari melayu namun sekarang ditemukan di hampir semua daerah tropis dan subtropis di dunia. Meskipun beberapa dapat tumbuh secara normal pada suhu 38°C, suhu ideal untuk pertumbuhannya adalah antara 25°C dan 30°C. Menurut Rahardi (1999), kelembaban yang ideal untuk pertumbuhan tanaman adalah sekitar 70-80%. Penanaman varietas jeruk ini pada ketinggian 100 hingga 1300 meter di atas permukaan laut layak dilakukan. Sebagian besar membutuhkan tanah yang gembur, subur dengan pH 5 hingga 6, banyak bahan organik, dan banyak porositas. Curah hujan tahunan antara 1.500 dan 2.000 mm.

Musim hujan berlangsung dari empat hingga tujuh bulan, sedangkan musim kemarau berlangsung dari empat hingga enam bulan. Tanaman di Lampung rentan busuk akar karena tanahnya kurang aerasi. Penyakit daun sering menyerang tanaman jeruk pada lingkungan yang lembab atau sering basah. Untuk tanaman jeruk, kedalaman air tanah yang ideal adalah antara 100 hingga 150 cm. Perkebunan di daerah itu harus terbuka (Sunarjono, 2008).

#### **2.1.4 Manfaat Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*)**

*Citrus reticulata* telah terbukti memiliki efek anti-mutagenik, anti-inflamasi, anti-oksidan, anti-tumor, anti-aterosklerotik, dan anti-bakteri yang signifikan berdasarkan studi farmakologis. Selain itu, ekstrak kulit jeruk *Citrus reticulata* mengandung senyawa flavonoid tinggi, mampu menurunkan berat badan dan penurun kolesterol yang efektif serta berpotensi sebagai neuroprotektif. Hal ini disebabkan jeruk *Citrus reticulata* mudah diserap dan dimetabolisme oleh tubuh (Jasim A. R., 2012).

#### **2.1.5 Kandungan Kimia Jeruk**

Jeruk (*Citrus sp*) memiliki kandungan asam sitrat (3,7 persen), minyak atsiri (2,5 persen), dan limonem penine 70 %. Bioflavonoid, Vitamin C, dan 145 mg potasium per 100 gram jeruk juga ada (Chevallier, 1996, p.81). Buah jeruk mengandung senyawa kimia berikut (Stanway, 2011).

##### **a. Asam sitrat**

Asam sitrat memiliki rumus kimia  $C_6H_8O_7$ . Menurut Lewis (2001), salah satu asam organik dengan nama kimia asam 2-hydroxy-1,2,3 propanetricarboxylic. Jus jeruk memiliki banyak asam sitrat, yang dapat membantu memindahkan cairan

dari jaringan ke tujuh pembuluh darah. Sehingga mengurangi kemampuan jaringan dan darah mengalir dengan bebas.

#### **b. Asam askorbat (Vitamin C)**

Jeruk juga banyak mengandung Vitamin C, yang sebagian besar merupakan asam askorbat (juga dikenal sebagai asam askorbat) dan memiliki rumus kimia  $C_6H_8O_6$  (Molina *et al.*, 2010). Jumlah Vitamin C yang dibutuhkan tubuh hanya sekitar 90 mg dan 75 mg, namun jeruk mengandung Vitamin C 60 - 100 mg. Satu buah jeruk dapat memenuhi kebutuhan Vitamin C tubuh.

#### **c. Glucaric acid**

Dengan mendorong glucoronidation dan menurunkan tingkat polusi dalam tubuh, asam glucaric dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah, mencegah kanker usus dan radang usus dengan mengeluarkan asam butirat dalam usus besar, mencegah kanker payudara, kanker prostat, dan kanker ovarium, serta mencegah pramenstruasi sindrom.

#### **d. Polifenol**

Jeruk memiliki efek anti jamur terhadap *Candida albicans* dan mengandung polifenol yang bersifat antioksidan dan antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhi*, *Klebsiella pneumoniae*, dan *E. coli* (Kumar *et al.*, 2011). Jeruk mengandung polifenol berikut (Grohmann & Manthey, 2001):

##### **1. Flavonoid**

Jeruk mendapatkan warna kuning cerah dari flavonoid. Bermanfaat untuk melindungi kekuatan Vitamin C dengan cara meningkatkan penyerapan dan melindunginya dari oksidasi. Itu juga dapat menurunkan kadar kolesterol hingga 40% dan mengurangi produksi kolesterol di hati. Itu juga dapat menurunkan risiko

penyakit jantung, kanker, dan memperkuat dinding pembuluh darah. Bioflavonoid dan sitrin adalah contoh flavonoid yang larut dalam air. Kulit jeruk memiliki kadar flavonoid paling tinggi.

## 2. Coumarins

Kulit jeruk mengandung coumarins paling banyak dan berminyak. Kulit jeruk mengandung lebih banyak kumarin dari pada bulir jeruk. Coumarins bersifat sebagai antioksidan.

## 3. Limonene

Semua bagian jeruk mengandung limonene, tetapi sebagian besar terdapat pada pith dan pips. jeruk memiliki rasa pahit karena limonene. Kandungan limonene dalam jeruk dari sebuah penelitian bersifat untuk mencegah sel kanker berkembang biak di mulut, payudara, kulit, paru-paru, dan usus besar. Selain itu, kadar kolesterol pada hati dapat diturunkan oleh limonene.

## 4. Tanin

Kulit dan daun jeruk mengandung tanin. Tanin berfungsi sebagai antioksidan dan agen antibakteri. Rasa jeruk sedikit asam dan pahit karena tanin.

## 5. Fenol

Kulit, daun, dan perasan sari jeruk semuanya mengandung fenol. Fenol memiliki sifat antioksidan, antibakteri, dan antijamur. Fenol jeruk dapat menurunkan kolesterol dalam darah, sehingga menurunkan resiko penyakit jantung (Kristanto, 2013).

## 2.2 Jamur

Jamur adalah mikroorganisme eukariotik dengan karakteristik yang berbeda, termasuk adanya inti sel, produksi spora, tidak adanya klorofil, berkembang biak dengan cara aseksual, adanya bagian tubuh dalam bentuk filamen pada beberapa spesies, dan uniseluleritas pada spesies lain. Namun, beberapa jamur juga dapat menyerang inang yang hidup kemudian dan berkembang sebagai parasit, menyebarkan penyakit pada tumbuhan, manusia dan hewan lainnya (Setiyani, 2010).

Ciri-ciri morfologi dapat digunakan untuk mengidentifikasi jamur atau cendawan. Menurut Natsir (2008), tingkat genus atau spesies suatu jamur atau cendawan dapat diketahui melalui pengamatan mikroskopis. Miselium dan spora adalah dua bagian berbeda dari tubuh jamur (thallus). Hifa adalah kumpulan dari beberapa filamen yang membentuk miselium. Hifa vegetatif adalah bagian dari hifa yang mendapat nutrisi, dan hifa reproduktif atau aerial hifa adalah bagian dari hifa yang berkembang biak karena pemanjangannya mencapai bagian atas media tempat jamur tumbuh (Pratiwi, 2008). Ganjar dkk. (2006) mengatakan bahwa Morfologi jamur sebagai berikut:

### a. Hifa

Pertumbuhan spora atau konidia mengakibatkan terbentuknya struktur jamur berbentuk tabung yang disebut hifa, yang menyerupai benang panjang. Protoplasma dalam hifa tertutup oleh dinding tebal. Karena pertumbuhan hifa terjadi terus menerus di bagian apikal, panjangnya tidak dapat ditentukan secara akurat. Senyawa melanin dan lipid merupakan bahan tambahan yang terdapat pada dinding sel hifa tua.

Ada dua kategori hifa yang berbeda, hifa vegetatif, yang bertanggung jawab untuk menyerap nutrisi, dan hifa fertil, yang bertanggung jawab untuk reproduksi. Hifa dengan dan tanpa septa dapat dibedakan secara mikroskopis berdasarkan morfologinya.

#### b. Septum

Hifa dipisahkan menjadi kompartemen oleh septum, sebuah partisi. Meskipun demikian, lubang septum menjaga agar protoplasma sel tetap terhubung. Sebagian besar hifa jamur memiliki septum langsung dengan diameter pori antara 0,05 dan 0,5 mikrometer. Septum sederhana memiliki satu atau lebih bukaan di tengahnya, mirip dengan saringan, atau hanya satu pori. Hifa Basidiomycota mayoritas memiliki ciri khas berupa septum dengan bentuk yang khas yang dikenal dengan nama septum dolipor (*dolipor septum*). Zygomycota dan jamur lainnya tidak memiliki hifa septum. Septum hanya dibentuk apabila jamur tersebut akan membuat sel-sel khusus seperti klamidospora, zigospora, atau sporangium.

Sporangiospora, atau spora yang dihasilkan di dalam sporangium Ketika columella (ujung sporangiophore) memasuki sporangium, intinya akan muncul melalui dinding. Sporangium adalah karpus bulat atau semi-bulat yang digunakan untuk reproduksi aseksual seperti kantung. Mulanya bening atau agak kekuningan karena adanya senyawa -karoten, berubah menjadi hitam akibat polimerisasi senyawa karoten akibat proses oksidasi. Sekitar 100.000 sporangiospora, masing-masing dengan beberapa inti, akan membelah di dalam sporangium protoplasma. Dinding sporangiospora yang juga mengandung senyawa sporopolenin, seperti sporangium yang berwarna gelap, seperti pada *Aspergillus sp.*, *Rhizopus* dan *Absidia* (Gandjar *et al.*, 2006).

Klamidospora, sel hifa dengan dinding tebal, diproduksi ketika jamur hidup di lingkungan yang tidak menguntungkan. Ukurannya meningkat di atas sel-sel lain di hifa. Itu bisa berbentuk silinder, seperti globo, atau seperti subglobo. Ini berfungsi sebagai *resting cell* (Gandjar *et al.*, 2006).

Fialid adalah sel konidiogenos yang membentuk konidia basipetal dan berbentuk blastis. Bening, transparan, atau tidak berwarna adalah sinonim untuk hialin. Columella adalah pembengkakan di ujung hifa fertil yang masuk ke dalam struktur yang membuat spora. Mitospora non-motil yang tidak terbentuk di sporangium dikenal sebagai konidium. Konidiofor, atau hifa fertil, adalah organ reproduksi dan dapat tunggal atau bercabang. Pada *Rhizopus*, fesikel sporoangiofor dibawa oleh hifa panjang yang disebut stolon, yang terbentang di antara dua rumpun rizoid (Gandjar *et al.*, 2006).

### **2.3 Jamur Patogen**

Jamur Patogen adalah jamur yang dapat menginfeksi tanaman dan menyebarkan penyakit. Jika jamur patogen bersentuhan dengan jaringan tanaman yang hidup dan berkembang di dalamnya, penyakit akan terjadi. Enzim dan racun penyebab penyakit dilepaskan oleh jamur patogen dalam tubuh tanaman. Siklus hidup jamur patogen dan siklus penyakit adalah dua rangkaian peristiwa. Siklus hidup jamur patogen dimulai saat jamur berkembang dan menghasilkan organ reproduksi. Dalam jangka waktu yang telah ditentukan, siklus penyakit merupakan proses perubahan pada tubuh tumbuhan dan adanya patogen (siklus hidup patogen). Vidiana (2012) mengatakan bahwa siklus penyakit meliputi:



#### a. Inokulasi

Pertama kali patogen bersentuhan dengan tanaman adalah melalui inokulasi atau transmisi. Gen transmisi dibawa oleh patogen (seperti serangga, air hujan, dan sebagainya). dan melekat pada komponen tanaman. Inokulum mengacu pada komponen patogen yang bersentuhan dengan tanaman. Spora merupakan inokulum jamur karena ukurannya yang sangat kecil, sangat banyak, dan dapat dengan cepat disebarkan oleh air atau angin setelah terbentuk.

#### b. Penetrasi

Proses masuknya patogen atau sebagiannya ke dalam sel, jaringan, atau tubuh tanaman inang disebut penetrasi. Bukaan alami (stomata), luka, langsung melalui permukaan tubuh tanaman, atau melalui perantara (pembawa) memungkinkan patogen masuk ke dalam sel, jaringan, atau tubuh tanaman inang.

#### c. Infeksi

Proses dimana patogen mulai mengkonsumsi nutrisi tanaman disebut infeksi. Selama proses infeksi, patogen akan tumbuh dan berkembang pada jaringan tanaman. Apresorium jamur patogen tumbuh di ujung pembuluh setelah patogen memasuki tubuh tanaman atau epidermis tanaman. A presorium membuat hifa menular yang terlihat seperti tonjolan kecil. Hifa ini menyebar ke segala arah dan tumbuh menjadi haustorium yang memakan sel tumbuhan.

#### d. Periode inkubasi

Waktu yang diperlukan patogen untuk mulai menginokulasi sebelum gejala muncul dikenal sebagai perubahan inkubasi. Tingkat perkembangan inang dan hubungan antara patogen dan inang menentukan lamanya masa inkubasi berbagai

penyakit tanaman. Jika penyakit telah menimbulkan gejala, inokulum sekunder telah direproduksi oleh patogen.

#### e. Invasi

Tahap pertumbuhan dan perkembangan patogen setelah infeksi disebut invasi. Jamur patogen biasanya masuk ke dalam tanaman selama proses infeksi dengan cara tumbuh pada jaringan tanaman inang. Akibatnya, tanaman inang mengalami kerusakan pada sel atau jaringannya selain kehilangan unsur hara. Serangan penyakit pada tumbuhan dapat dilihat secara visual berupa kerusakan pada sel atau jaringan tumbuhan tersebut.

#### f. Reproduksi

Tahap reproduksi adalah ketika patogen terus tumbuh dan bereproduksi di dalam bagian tanaman untuk waktu yang tidak terbatas. Patogen bereproduksi pada tingkat yang berbeda tergantung pada jenis patogen dan lingkungan. Pada jaringan yang terinfeksi, jamur dapat menghasilkan jutaan spora per 1 cm<sup>2</sup>.

#### g. Penyebaran

Pergerakan inokulum dari satu sumber ke sumber lain dikenal sebagai penyebaran. Spora dapat melakukan perjalanan relatif cepat dan pasif melalui perantara angin, air, serangga, dan manusia, memungkinkan penyebaran patogen secara aktif.

#### **2.4 Jamur *Penicillium digitatum* Penyebab Penyakit Green Mold pada Pada Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*)**

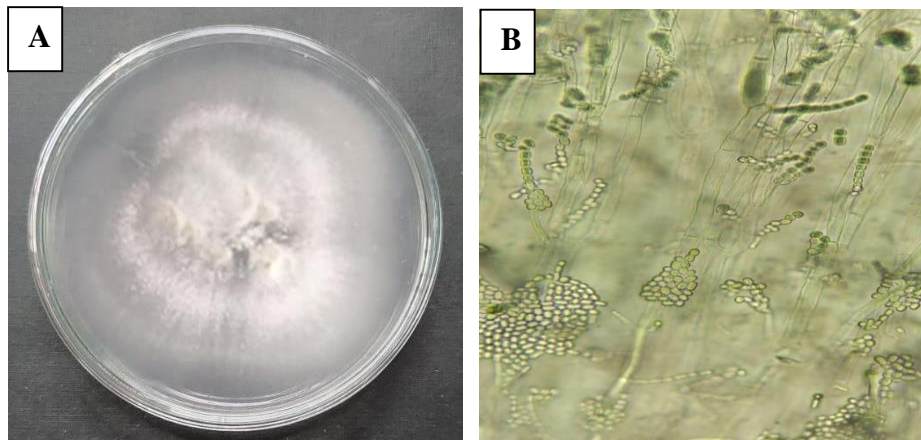
*Green mold* merupakan penyakit pada buah jeruk (*Citrus reticulata*) yang terjadi pasca panen (Zahani & Khaledi, 2018). Penyakit *green mold* disebabkan oleh jamur *Penicillium digitatum*. Jamur tersebut merupakan jamur patogen yang menyebabkan kerusakan secara biologis pada buah jeruk pasca panen. Gejala yang ditimbulkan berupa pembusukan pada buah. Penyakit *green mold* tersebut biasanya terjadi pada buah jeruk yang mengalami luka pada saat panen. Luka pada buah jeruk akan mempermudah jamur *Penicillium digitatum* dalam menginfeksi. Jamur tersebut dapat menyebabkan kehilangan hasil produksi mencapai 90% selama masa pasca panen (Macarisan, *et al.*, 2007).

Klasifikasi taksonomi jamur patogen *Penicillium digitatum* menurut Lamanda, S.A. (2023):

Kingdom : Fungi  
Filum : Ascomycota  
Kelas : Eurotiomycetes  
Ordo : Eurotiales  
Famili : Trichocomaceae  
Genus : *Penicillium*  
Spesies : *Penicillium digitatum*

*Penicillium digitatum* menginfeksi buah melalui luka yang disebabkan oleh angin, hujan es, dan serangga, serta selama proses pemanenan, pengangkutan, dan perawatan (Perez *et al.*, 2017). Jamur ini menyebar melalui luka dan pori-pori ke sejumlah kelenjar minyak pada kulit buah (Zhu, 2017), di mana tersedia nutrisi untuk mendorong pertumbuhan spora. Area infeksi dimulai dengan bercak lunak dan berair pada kulit buah, yang terkadang disebut sebagai (busuk bening). Jika suhu dan kondisinya baik, akan berubah menjadi miselium putih yang akhirnya berubah warna menjadi hijau dengan tumbuhnya spora (Zhu, 2017). Jamur patogen berkembang biak dengan cepat di permukaan buah (Kanetis *et al.*, 2007). Jamur memasuki sel pericarp buah, menyebar ke mesocarp, dan menggunakan germ tube untuk masuk ke sel sekitarnya (Han *et al.*, 2013). Setelah itu, buah yang terinfeksi menghasilkan miselia putih dan konidia kehijauan, yang merupakan gejala khas jamur *Penicillium digitatum* (Lin *et al.*, 2019).

Menurut Papoutsis, *et al.*, (2019), hasil dari enzim yang diproduksi oleh miselium yang memecah dinding sel buah akan menyebabkan penyusutan pada kulit buah. Buah membusuk dan sel pericarp dan mesocarp yang terinfeksi mengalami plasmolisis, menghasilkan bercak yang lunak dan berair (Han *et al.*, 2013). Penyakit *green mold*, pada buah yang berdekatan jarang terinfeksi. Namun, spora dapat mencemari buah. Kelenjar minyak pada jaringan luka yang telah pecah melepaskan gula, asam organik, dan volatil (*limonene, myrcene, alphapinene, dan betapinene*) yang mendorong pertumbuhan konidia (Droby, 2008). *Tryptoquialanine A* dan *tryptoquialanine C* adalah alkaloid termogenik yang diproduksi oleh *Penicillium digitatum* yang merupakan mikotoksin berbahaya yang dapat mengancam kesehatan manusia (Costa, 2021).



**Gambar 2.2** A. Jamur *Penicillium digitatum* secara Makroskopis, B. Jamur *Penicillium digitatum* secara Mikroskopis (Dokumen Pribadi)

*Penicillium digitatum* (Gambar 2.2 A) penelitian yang dilakukan oleh Hartati S, *et al.*, (2022) bahwa karakter morfologi makroskopis jamur *Penicillium digitatum* memiliki warna koloni putih hijau ke abu-abuan, tekstur koloni beludru, berkapas, dan pada bagian dasar koloni berwarna putih. Menurut Gonzalez *et al.*, (2022) bahwa jamur *Penicillium digitatum* memiliki miselium terang dan pada jaringan tua memproduksi konidiofor panjang, berwarna terang, sederhana dan tegak menopang konidia.

*Penicillium digitatum* morfologi secara mikroskopis (Gambar 2.2 B) menunjukkan bahwa jamur patogen *Penicillium digitatum* memiliki hifa cukup besar, memiliki septa, berwarna hijau, konidiofor berwarna hijau, dan konidia tumbuh bertumpuk atau bergerombol. Hal ini juga dijelaskan dalam penelitian Hartati S, *et al.*, (2022) karakteristik morfologi jamur *Penicillium digitatum* secara mikroskopis memiliki ciri-ciri hifa yang besar dan panjang serta berseptata, berdinding halus, membentuk rantai, kemudian pada konidiofor nya panjang,

berwarna hijau dan pada konidianya bertumpuk atau bergerombolan, konidia berwarna hijau.

Menurut Yuan X, *et al.*, (2023) jamur *Penicillium digitatum* memiliki ciri seperti koloni berwarna hijau, koloni bersifat beludru, dan memiliki warna putih pada bagian dasar. Jamur *Penicillium digitatum* tumbuh secara vegetatif, memiliki hifa yang bersekat dengan diameter 2 $\mu$ m. Sel hifa bersifat haploid dan memiliki inti banyak yang identik secara genetik. Jamur ini bereproduksi secara aseksual melalui produksi spora aseksual atau melalui konidia. Konidia terdapat pada tangkai yang disebut konidiofor yang muncul dari jaringan hifa atau muncul dari sepotong hifa. Konidiofor berbentuk asimetris, memiliki panjang konidiofor 105  $\mu$ m, bercabang tingkat 2, struktur dinding sel halus dan tipis. Terdapat metula dengan ukuran 12,5 x 2,5  $\mu$ m. fialida berbentuk ampuliform, berukuran 10  $\mu$ m x 2,5  $\mu$ m. jamur ini memiliki konidia berbentuk silindris, berdinding halus, berwarna kehijauan, berdiameter 3,75  $\mu$ m dan memiliki tipe pertumbuhan kolumnar.

*Penicillium digitatum* pada umumnya sering ditemukan di sekitar tanaman budidaya jeruk, hidup dengan baik pada daerah dengan suhu tinggi. Jamur tersebut merupakan salah satu penyebab penyakit busuk buah, jamur tersebut menginfeksi buah jeruk dengan cara spora jamur *Penicillium digitatum* dapat aktif dengan cepat dan memulai kolonisasi ketika bersentuhan dengan kulit jeruk yang luka akibat panen yang tidak hati-hati ataupun ketika melalui proses pengangkutan. Setelah spora aktif perkembangan jamur ini akan mengalami pertumbuhan tabung kuman, konidiofor tumbuh menumpuk, serta phialides dan konidia baru selesai terbentuk dalam waktu dua hari setelah menginfeksi, dan pada saat ini luka pada kulit jeruk akan mengalami pembusukan (Yang Q, 2019).

Gejala awal yang ditimbulkan oleh infeksi jamur *Penicillium digitatum* terdapat area kecil berwarna abu-abu pada kulit buah, dalam waktu beberapa hari bercak putih berbentuk lingkaran meluas dengan cepat dengan diameter 2-3 cm, dan akan menyebar secara terus menerus dipermukaan kulit jeruk dan pada bagian tengahnya akan berwarna lebih tua dibandingkan pada area pinggir. Spora jamur akan memberikan warna yang khas yaitu warna hijau khas jamur *Penicillium digitatum*. Penyakit yang disebabkan oleh jamur ini bernama *green mold* dan biasanya penyakit ini terjadi saat penyimpanan, dimana buah akan cepat mengalami kerusakan, hancur dan pada suhu yang rendah buah akan menyusut dan kering seperti mumi, spora pada jamur ini biasanya akan menyebar dengan bantuan angin dan kontak secara langsung, dimana jamur ini akan menginfeksi melalui luka pada buah jeruk (Brown S, 2021).

## **2.5 Jamur *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* sebagai Agensia Hayati**

### **2.5.1 *Mucor sp*.**

Jamur *Mucor sp* secara makroskopis (Gambar 2.3 A) memiliki ciri dan bentuk koloni yang bulat, pada tepi koloni utuh dan rata, permukaan koloni berwarna putih, dan pada belakang koloni berwarna putih dan tidak memiliki lingkaran kosentris. Pada awal masa pertumbuhan, miselium berwarna putih setelah 3 hari masa inkubasi pada ujung spora akan berubah menjadi warna coklat kehitaman. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan (Heo S, *et al.*, 2023) Pertumbuhan koloni yang luas, hifa yang bercabang-cabang, hifa merupakan filament tipis yang membentuk struktur jamur. Warna koloni pada umumnya berwarna putih keabu-abua, warna koloni pada mucor berbeda tergantung dari spesiesnya. Memiliki tekstur yang

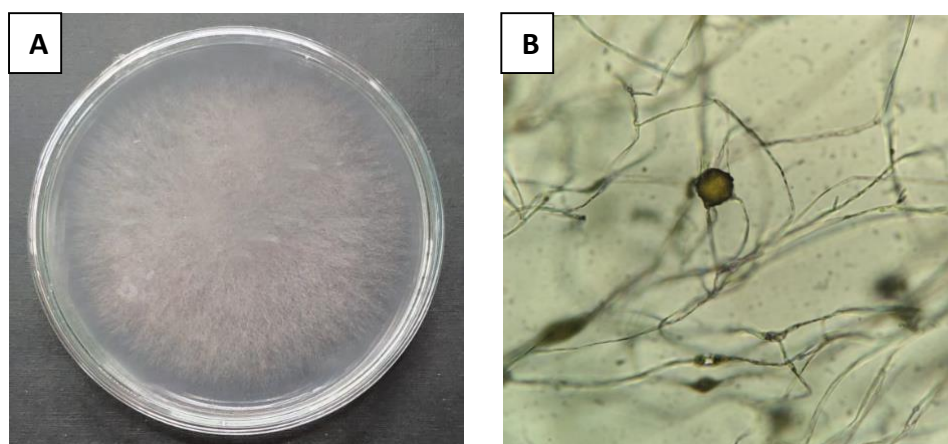
lembut dan berserat, di beberapa spesies lain memiliki permukaan yang sedikit kasar dan berbulu.

Menurut Al-Ameri dan Nasser (2023) *Mucor sp* memiliki sporangiofor, struktur yang membentuk sporangium (struktur berisi spora) pada ujungnya. Sporangiofor dapat berbentuk tegak lurus atau melengkung, memiliki ukuran yang cukup besar dan tampak dengan mata telanjang, sporangium berbentuk oval atau bulat dengan dinding yang transparan. Warna spora *Mucor sp* pada umumnya berwarna keabu-abuan, kecoklatan bahkan kehitaman. Struktur reproduksi secara aseksual yang biasanya disebut sporangiospora. Sporangiospora berbentuk oval atau bulat dan pada kelilingnya dilapisi oleh lapisan tipis untuk melindunginya.

Klasifikasi taksonomi jamur patogen *Mucor sp* menurut Asnidar, S.D & Paranoan, D.R.R (2021):

Kingdom : Fungi  
Filum : Zigomycota  
Kelas : Zigomycotacates  
Ordo : Mucorales  
Famili : Mucoraceae  
Genus : *Mucor*  
Spesies : *Mucor sp*





**Gambar 2.3** A. *Mucor sp* secara makroskopis. B. *Mucor sp* secara Mikroskopis (Dokumen Pribadi).

Jamur *Mucor sp* secara mikroskopis (Gambar 2.3 B) menunjukkan bahwa jamur antagonis *Mucor sp* memiliki hifa panjang dan bercabang, sporangiofor berbentuk tabung terdapat pada ujung hifa, sporangium berbentuk oval atau bulat yang terbentuk di ujung sporangiofor, dinding transparan dan berfungsi dalam melindungi spora. Menurut Al-Ameri dan Nasser (2023) jamur *Mucor sp* memiliki hifa yang terdiri dari filamen bercabang dan panjang, hifa biasanya tidak terdefrensiasi menjadi septa (berdinding pembatas) atau aseptat (tanpa dinding pembatas), memiliki inti tunggal yang berada sepanjang hifa, sedangkan pada hifa septat memiliki sekat-sekat yang memisahkan inti menjadi beberapa bagian. Sporangiofor berbentuk tabung, sporangiofor merupakan struktur yang menopang sporangium (struktur berisi spora) pada ujungnya. Sporangiofor biasanya terdapat pada ujung hifa dapat bercabang-cabang.

Menurut Helina (2022), sporangium *Mucor sp* berbentuk bulat oval atau bulat yang terbentuk di ujung sporangiofor. Sporangium terdiri dari dinding yang transparan dan melindungi spora didalamnya. Sporangium berukuran besar dan tampak dengan jelas jika dilihat menggunakan mikroskop. Jamur ini menghasilkan

spora yang disebut sporangiospora, sporangiospora berbentuk oval atau bulat dan dikelilingi oleh lapisan tipis yang melindunginya, sporangiospora dilepaskan dari sporangium dan berperan dalam reproduksi aseksual. Dibeberapa spesies *Mucor sp* memiliki struktur akar yang disebut rhizoid. Rhizoid merupakan hifa yang tumbuh ke dalam substrata tau media tempat jamur tumbuh. Rhizoid berfungsi sebagai penyerap nutrisi dari lingkungan sekitar.

Menurut Chanda dkk (2022) *Mucor sp* dapat ditemukan diberbagai habitat, termasuk tanah, tumbuhan busuk, limbah pertanian, kompos, dekomposer organik, serta pada bahan organik yang sedang membusuk seperti sayuran dan buah-buahan. Jamur ini juga sering ditemukan di air laut, air tawar dan lingkungan yang lembab. Sebagai jamur dekomposer, jamur *Mucor sp* berperan penting dalam siklus nutrisi. Jamur ini mendekomposisi bahan organik yang mati, seperti kayu lapuk atau daun yang jatuh, dan mengubahnya menjadi nutrisi yang dapat digunakan oleh organisme lain. Proses ini membantu mengembalikan nutrisi ke lingkungan. Jamur *Mucor sp* dapat membentuk hubungan simbiosis dengan organism lain, bisa membentuk hubungan simbiosis dengan lichen atau alga, selain itu dapat bersimbiosis dengan serangga tertentu.

Menurut Wang J (2022) penyebaran dan disperse jamur *Mucor sp* memiliki kemampuan untuk menghasilkan spora yang dapat tersebar dengan bantuan air, angin, hewan, atau manusia. Spora ini dapat bertahan dalam lingkungan yang sesuai dan berperan dalam reproduksi dan penyebaran jamur ke habitat baru. *Mucor sp* memiliki toleransi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem, seperti suhu yang ekstreem atau tekanan osmotik yang tinggi. Hal ini memungkinkan jamur bertahan hidup dan tumbuh di berbagai kondisi lingkungan yang tidak tepat.

Jamur *Mucor sp* juga dapat berperan sebagai jamur antagonis terhadap jamur patogen, dikarenakan jamur ini memiliki senyawa anti jamur dan beberapa senyawa lain.

Menurut Santra & Banerjee (2022) jamur *Mucor sp* dapat bersaing dengan jamur patogen untuk sumber nutrisi dan tempat tumbuh, sehingga menghambat pertumbuhan jamur patogen. Jamur ini juga dapat menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang memiliki sifat antimikroba atau antifungal. Senyawa-senyawa tersebut dapat membantu menghambat pertumbuhan patogen. Beberapa penelitian mengidentifikasi bahwa interaksi antar jamur *Mucor sp* dan tanaman dapat merangsang respons pertahanan tanaman, seperti peningkatan produksi fitoaleksin atau aktivasi jalur pertahanan sistemik.

Menurut Juni A (2020) jamur *Mucor sp* menghasilkan metabolit sekunder seperti mikosin, mikosin merupakan senyawa antibiotik, senyawa ini memiliki aktivitas antibakteri dan telah diteliti sebagai agen pengendalian mikroorganisme patogen. Senyawa zygotin merupakan senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh jamur *Mucor sp* senyawa ini memiliki aktivitas antifungal dan telah diteliti sebagai agen pengendali hayati dalam pertanian untuk melawan patogen pada tanaman. Jamur *Mucor sp* dapat memproduksi enzim hidrolitik seperti protease, amylase, dan lipase. Enzim-enzim ini berperan dalam proses dekomposisi bahan organik dan pencernaan ekstraseluler.

*Mucor sp.* dapat menghasilkan HCN, sianida fungsional. Dalam mencegah pertumbuhan patogen (Chadha *et al.* 2015). Eva *et al* (2013) mengklaim bahwa *Mucor sp* menggunakan mekanisme persaingan dan mikroparasitisme untuk tumbuh dengan cepat dan bersaing untuk mendapatkan makanan, mampu membuat

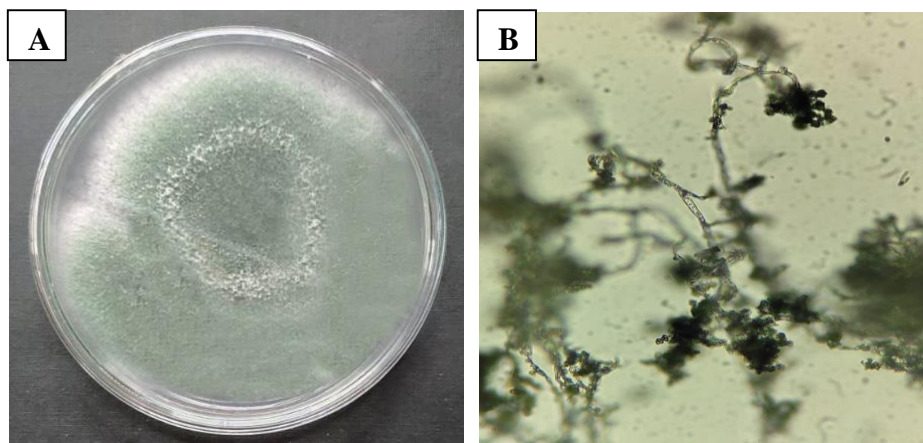
pertumbuhan jamur patogen jadi terhambat. Sebagian besar spesies *Mucor* ini bersifat saprofit, tetapi ada juga yang bersifat parasit pada jamur atau tanaman lain (Rio, 2022).

*Mucor sp* dapat menghasilkan metabolit sekunder berupa senyawa keretenoid yang berfungsi sebagai antioksidan yang mampu menekan pencemaran dan juga menghasilkan senyawa terpenoid yang berfungsi untuk menekan pertumbuhan jamur patogen (Morin, *et al.*, 2017). Jamur *Mucor sp* juga memiliki potensi dalam menangani pencemaran dan meningkatkan konsentrasi senyawa Zn yang berdampak baik pada tumbuhan (Wanzy, *et al.*, 2018). Berdasarkan hal tersebut jamur *Mucor sp* memiliki potensi sebagai jamur antagonis terhadap jamur patogen.

#### **2.5.2. Trichoderma harzianum.**

*Trichoderma harzianum* secara makroskopis (Gambar 2.4 A) memiliki ciri dan bentuk koloni yang bulat, pada tepi koloni utuh dan rata, permukaan koloni berwarna hijau, dan pada belakang koloni berwarna putih, memiliki lingkaran konsentris. Pada awal masa pertumbuhan, miselium berwarna putih setelah 3 hari masa inkubasi pada ujung spora akan berubah menjadi warna hijau. Menurut Rumandani (2023) dalam penelitiannya menyebutkan morfologi jamur *Trichoderma harzianum* memiliki koloni bulat dan memiliki lingkaran konsentris, koloni berwarna hijau pada lingkaran konsentris berwarna putih, memiliki tekstur koloni kasar, dan permukaan koloni sedikit berbulu atau berbentuk kapas. Diameter koloni bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti kelembaban, suhu, dan jenis media. Bentuk hifa bercabang dan kompleks, hifa terlihat seperti benang halus yang tumbuh dalam berbagai arah dari pusat koloni, spora berbentuk bulat atau oval,

spora berwarna hijau dapat terlihat dengan mata telanjang atau menggunakan mikroskopis.



**Gambar 2.4** A. *Trichoderma harzianum* secara makroskopis. B. *Trichoderma harzianum* secara mikroskopis (Dokumen Pribadi).

Klasifikasi taksonomi jamur patogen *Trichoderma harzianum* menurut Suharna (2003):

Kingdom : Fungi  
 Filum : Ascomycota  
 Kelas : Sordariomycetes  
 Ordo : Hypocreales  
 Famili : Hypocreaceae  
 Genus : *Trichoderma*  
 Spesies : *Trichoderma harzianum*

Jamur *Trichoderma harzianum* secara mikroskopis (Gambar 2.4 B) menunjukkan bahwa jamur antagonis *Trichoderma harzianum* memiliki hifa tidak bersekat, relatif pendek, berdiameter sekitar 2-4  $\mu\text{m}$ . memiliki konidiofor yang menghasilkan konidia (spora aseksual), bentuk konidia bulat, memiliki dinding sel yang halus dan transparan, konidia berwarna hijau. Pernyataan di atas sesuai dengan

penelitian yang dilakukan oleh Stigliani *et al.*, (2023) morfologi jamur *Trichoderma harzianum* secara mikroskopis memiliki tipe hifa uniseluler, tidak bersekat (aseptat) dan transparan. Ukuran hifa relatif kecil yaitu sekitar 2-4  $\mu\text{m}$ , memiliki konidiofor yang merupakan struktur pendukung hifa yang menghasilkan konidia (spora aseksual), konidiofor biasanya terlihat lurus atau sedikit bercabang dan berukuran sekitar 5-20  $\mu\text{m}$ . konidia berbentuk bulat, berukuran sekitar 2-4  $\mu\text{m}$ , konidia memiliki dinding sel yang halus dan transparan, warna konidia hijau warna bisa berubah tergantung dari factor-faktor pertumbuhan. Memiliki clamydospora berbentuk oval atau bulat, berdinding tebal, dan biasanya berukuran lebih besar dari konidia.

Menurut Liu *et al* (2023) jamur *Trichoderma harzianum* sering ditemukan diberbagai tempat seperti tanah, jamur ini ditemukan diberbagai jenis tanah, termasuk tanah pertanian, padang rumput dan hutan. Jamur ini berperan sebagai dekomposer dan berkontribusi pada siklus nutrisi di dalam tanah. Jamur ini juga dapat berkembang dengan biak di rizosfer, yaitu daerah disekitar akar tanaman. Jamur tersebut mengkolonisasi akar tanaman dan membentuk hubungan simbiotik dengan tanaman, kehadiran jamur ini di rizosfer dapat memberikan manfaat positif bagi tanaman, seperti perlindungan terhadap patogen dan meningkatkan ketersediaan nutrisi, jamur ini juga dapat hidup di permukaan tanaman hidup dan sisa-sisa tanaman yang terdekomposisi. Jamur ini dapat mengkolonisasi jaringan tanaman mati dan memecah bahan organik kompleks menjadi nutrisi yang lebih sederhana. Sering juga ditemukan dimedia tanam seperti potongan kayu serbuk gergaji, jerami, bahan organik dan serbuk gergaji. Jamur ini dapat berkontribusi pada bagian penguraian bahan organik dalam media tanam dan membantu kesuburan tanah.

Menurut Ummah & Suryaminarsih (2023) jamur *Trichoderma harzianum* mampu berperan sebagai jamur antagonis terhadap jamur patogen penyebab penyakit pada tanaman dengan cara kompetisi nutrisi dengan jamur patogen, jamur ini memiliki kemampuan yang baik untuk mengambil sumber daya yang tersedia dan meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi. Dengan bersaing secara baik, jamur ini mengurangi ketersediaan nutrisi bagi patogen sehingga pertumbuhan jamur patogen terhambat. Disamping perebutan nutrisi jamur ini juga dapat memproduksi enzim antifungal yang dapat menghancurkan dinding sel patogen, enzim-enzim yang dihasilkan berupa enzim kitinase dan glukukanase yang berfungsi dalam mengurai dinding sel dari jamur patogen, dengan menghancurkan dinding sel patogen jamur ini dapat menghambat pertumbuhan bahkan mematikan jamur patogen.

Menurut Hasanah (2023) Jamur *Trichoderma harzianum* mampu memproduksi senyawa antibiotik yang bersifat toksik terhadap patogen, senyawa-senyawa ini berupa trichodermin dan harzianum A yang memiliki efek antimikroba dan dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen, mekanisme ini dapat melindungi tanaman dari serangan penyakit. Jamur *Trichoderma harzianum* dapat mengaktifasi sistem pertahanan tanaman, dapat memicu produksi fitohormon seperti asam indolasetat (IAA) yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta merangsang respons imun tanaman terhadap patogen, respons pertahanan tanaman yang ditingkatkan membantu tanaman melawan serangan patogen. Dan jamur ini mampu berperan sebagai mikroparasitisme terhadap jamur patogen, jamur ini akan menghampiri dan menyerang hifa atau konidia dari jamur patogen, kemudian menembus dinding selnya, dan menghisap nutrisi dari patogen yang terinfeksi, proses ini dapat menghambat pertumbuhan dan

perkembangan patogen serta dapat mengurangi kerusakan pada tanaman akibat serangan penyakit yang disebabkan oleh jamur patogen.

*Trichoderma harzianum* merupakan mikroorganisme penghasil selulosa potensial karena menghasilkan enzim selulase pada substrat yang mengandung selulosa. C1 (Exoglucanase), yang secara aktif menghidrolisis selulosa alami, dan Cx (Endoglucanase), yang secara aktif memecah selulosa terlarut seperti CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) dan B-glucosidase, merupakan komponen enzim lengkap dari selulase *T.harzianum*, Kompleks substrat dipecah secara terkoordinasi oleh ketiga komponen ini (Desi, *et al.*, 2019).

Selain menghasilkan enzim selulase *T.harzianum* mampu menghasilkan enzim kitinase (pendegradasi kitin). Adanya enzim selulase menyebabkan *T.harzianum* dapat tumbuh langsung pada kayu yang terdiri atas selulosa sebagai polimer glukosa, sedangkan kitinase dapat membuat jamur *T.harzianum* menjadi parasit terhadap jamur patogen, dengan kemampuan tersebut, jamur *T.harzianum* sering dijadikan sebagai agen hayati dalam mengatasi penyakit pada tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen.

## **2.6 Mekanisme Kerja Antijamur**

Menurut Pelczar dan Chan (2008), Lima mekanisme kerja antijamur adalah sebagai berikut:

### **a. Merusak dinding sel**

Dinding sel, berfungsi untuk membentuk sel dan melindungi isi sel dari luar. Reaksi enzimatik berperan dalam pembentukan dinding sel. Zat antimikroba memiliki kemampuan untuk menghentikan banyak reaksi enzimatik. Kitinase,



misalnya, mampu menghidrolisis kitin, komponen dari 30 dinding sel jamur. Perubahan yang menyebabkan kematian sel dapat terjadi ketika dinding sel rusak.

#### b. Mengubah Permeabilitas Membran sel

Membran sel sangat penting untuk menjaga permeabilitas, mengangkut nutrisi ke dalam sel, dan mengumpulkan sisa metabolisme dari sel. Peran Sangat penting bahwa itu tidak mengikat organel sel lainnya. Oleh karena itu, membran permeabilitas juga mengalami kerusakan ketika membran sel rusak. Sel menjadi lamban dan mati akibat kerusakan ini.

#### c. Kerusakan Sitoplasma

Air, asam nukleat, protein, karbohidrat, lipid, dan berbagai senyawa lain menyusun 80% sitoplasma sel. Komponen tersebut harus dijaga agar kehidupan sel dapat terus berfungsi. Karena adanya bahan kimia dalam konsentrasi tinggi, sel dapat mengalami koagulasi dan denaturasi.

#### d. Penghambatan Biosintesis ergosterol dalam sel jamur

Mekanisme ini disebabkan oleh kemampuan turunan imidazol untuk mengubah permeabilitas dan fungsi membran sitoplasma jamur selama pengangkutan senyawa esensial, yang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan metabolisme dan menghambat biosintesis ergosterol dari sel jamur.

#### e. Penghambatan mitosis jamur

Adanya senyawa antibiotik griseofulvin yang mampu mengikat protein mikrotubulus dalam sel, mengganggu struktur gelendong mitosis, dan menghentikan metafase pembelahan sel pada jamur, inilah yang menyebabkan efek antijamur.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini bersifat eksperimen. Penelitian eksperimen dengan menguji isolat jamur *Muchor sp* dan *Trichoderma harzianum* yang didapatkan dari koleksi isolat murni Institut Pertanian Bogor Culture Collection (IPBCC), terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* yang merupakan isolat murni koleksi Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, penyebab penyakit (*green mold*) pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) secara *in vitro*.

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Februari sampai dengan bulan Mei 2023, di Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

#### **3.3.1 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laminar Air Flow (LAF), autoklaf, hot plate dan stirrer, cawan petri, jarum ose, bunsen, pengaduk kaca, pinset, silet steril, botol flakon, stirrer, blue tip, gelas ukur, tabung reaksi, mikropipet, Erlenmeyer, penggaris, beaker glass, lemari pendingin, kompor gas, timbangan analitik, tabung reaksi dan kamera.

### 3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Isolat Jamur *Mucor sp*, *Trichoderma harzianum* dan *Penicillium digitatum*, Media PDA (*Potato Dextrose Agar*), Kloramfenikol sebagai antibakteri, aquades steril, alcohol 70%, plastic wrab, plastik tahan panas merek petromax, karet gelang, kapas, spirtus, Kertas label, tisu, handscune, jas laboratorium dan alumunium poil.

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan disterilkan dengan cara dibungkus dengan alumunium foil, kertas, dan plastik, kemudian dimasukkan ke dalam autoclave dengan suhu 121°C dengan tekanan 15 psi (per square inch) selama 15 menit.

#### 3.4.2 Pembuatan Media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Peremajaan jamur antagonis *Mucor sp*, *Trichoderma harzianum* dan jamur patogen *Penicillium digitatum* menggunakan media *potato dextrose agar* (PDA). Ditimbang sebanyak 20 gram PDA instan dan 0,1 gram kloramfenikol, ditambahkan 500 ml aquades. Di atas hot plate, semua bahan ini dididihkan dan diaduk dengan stirer hingga tercampur secara homogen. Setelah Media mendidih selanjutnya disterilkan selama 15 menit pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm dalam autoklaf.

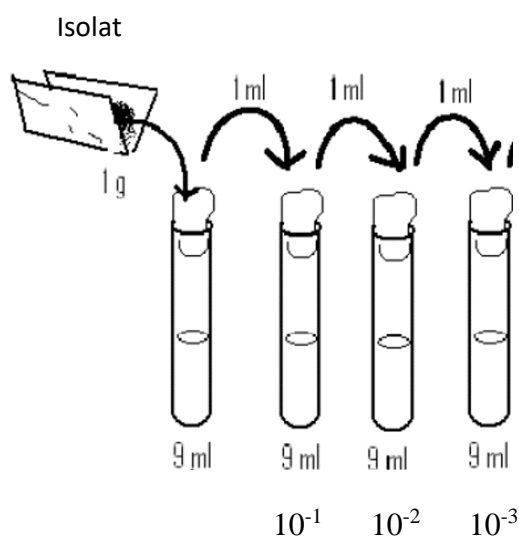
#### 3.4.3 Peremajaan Jamur Antagonis *Mucor sp*, *Trichoderma harzianum*, dan jamur patogen *Penicillium digitatum*

Peremajaan biakan murni jamur antagonis *Mucor sp*, *Trichoderma harzianum*, dan jamur patogen *Penicillium digitatum* dilakukan di Laminar Air Flow (LAF) dengan menumbuhkan isolate dalam cawan petri steril yang berisi media PDA. Isolat jamur antagonis *Mucor sp*, *Trichoderma harzianum* dan jamur

Patogen *Penicillium digitatum* diambil dengan jarum ose dan diinokulasikan ke dalam media PDA hingga satu loop. Isolat diinkubasi dalam inkubator pada suhu 28<sup>o</sup> C selama kurang lebih 5-7 hari.

#### 3.4.4 Pengenceran Jamur Antagonis (*Dilution Methods*)

Pengenceran jamur antagonis *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran bertingkat (*dilution methods*) yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi paling efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen Edward M (2023).



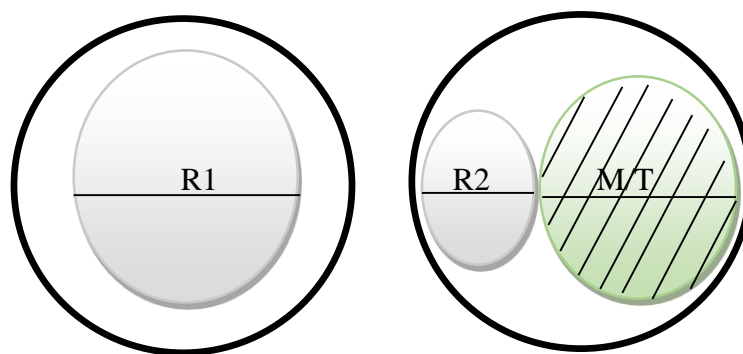
**Gambar 3.1** Pengenceran bertingkat (*Dilution methods*) (Edward M, 2023).

Pengenceran jamur antagonis (Gambar 3.1) dilakukan dengan cara menyiapkan tabung reaksi sebanyak 4 buah, kemudian masing-masing tabung reaksi dimasukan aquades steril sebanyak 9 ml. Pada tabung reaksi pertama dimasukan isolat jamur antagonis *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* sebanyak 1 gram, pada tabung reaksi kedua dimasukan isolat hasil pengenceran jamur antagonis pada tabung reaksi pertama sebanyak 1 ml. kemudian dari tabung reaksi kedua diambil 1 ml kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi ketiga, pada

tabung reaksi ketiga diambil 1 ml kemudian dimasukkan pada tabung reaksi keempat. Sehingga di peroleh konsentrasi pengenceran sebesar  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  dan  $10^{-3}$ .

### 3.4.5 Uji Antagonis Jamur *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum*

Pengujian antagonis jamur (Gambar 3.2) *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* secara *in vitro* dilakukan dengan metode *dual culture*, yaitu dengan menumbuhkan isolat jamur patogen secara sejajar dengan isolat jamur antagonis dengan jarak 3 cm dalam cawan petri berdiameter 9 cm yang berisi media PDA steril secara bersamaan.



**Gambar 3.2** Uji antagonis jamur *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *penicillium digitatum* menggunakan metode *dual culture*

Keterangan: M = Diameter Koloni *Mucor sp*  
 T = Diameter Koloni *Trichoderma harzianum*  
 R1 = Diameter Koloni Jamur Patogen Kontrol  
 R2 = Diameter Koloni Jamur Patogen Pada Perlakuan

Setelah itu diinkubasi selama 3-7 hari pada suhu  $28^{\circ}\text{C}$ . Jumlah perlakuan uji antagonis yang dilakukan diulang sebanyak tiga kali dan satu isolat kontrol ditumbuhkan secara bersamaan.

### 3.4.6 Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan dalam penelitian ini adalah:

#### a. Diameter Koloni (Cm)

Pada hari pertama, hari ketiga, hari kelima dan hari ketujuh dilakukan pengamatan dan pengukuran diameter pertumbuhan koloni jamur patogen dan jamur antagonis. Tujuan dari pengukuran diameter pertumbuhan koloni adalah untuk menentukan, dalam satu cawan petri diameter koloni masing-masing jamur antagonis dan patogen, serta apakah jamur antagonis tumbuh lebih cepat dari jamur patogen. Persentase daerah hambat jamur antagonis terhadap jamur patogen kemudian ditentukan dengan menggunakan data diameter koloni patogen yang diperoleh dari hasil pengukuran (Suciatmih, 2014).

#### b. Presentase Hambatan Pertumbuhan (%)

Rumus Skidmore dan Dickinson (1976, dalam Suciatmih 2014) digunakan untuk menghitung persentase daya hambat jamur antagonis:

$$P = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100 \%$$

Keterangan:

P = Pesentase penghambatan jamur antagonis *Muchor sp* dan *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen.

R<sub>1</sub> = Diameter pertumbuhan jamur patogen pada kontrol

R<sub>2</sub> = Diameter pertumbuhan jamur patogen yang diinokulasi dengan jamur *Muchor sp* dan *Trichoderma harzianum*

### 3.5 Pengamatan Mekanisme Antagonis

Menurut Susiana (2009) mekanisme antagonis dapat diamati secara makroskopis melalui pengamatan langsung pada beberapa kultur (*dual culture*) dan secara mikroskopis melalui penggunaan potongan hifa berukuran 1 cm x 1 cm yang diletakkan di atas kaca objek dan diperiksa di bawah mikroskop. Mekanisme interaksi antara jamur patogen dan jamur antagonis berdasarkan antara lain:

- a. Persaingan terjadi ketika jamur antagonis menutupi jamur patogen dan tumbuh lebih cepat untuk mengisi cawan petri berdiameter 9 cm. Lisis hifa patogen terjadi di area kontak.
- b. Antibiosis mengakibatkan perubahan bentuk hifa patogen dan produksi pigmen di bagian bawah koloni jamur antagonis ketika terbentuk zona kosong antara jamur patogen dan antagonis.
- c. Ketika jamur antagonis tumbuh pada hifa patogen, parasitisme menghasilkan lisis hifa jamur antagonis yang melilit hifa patogen.

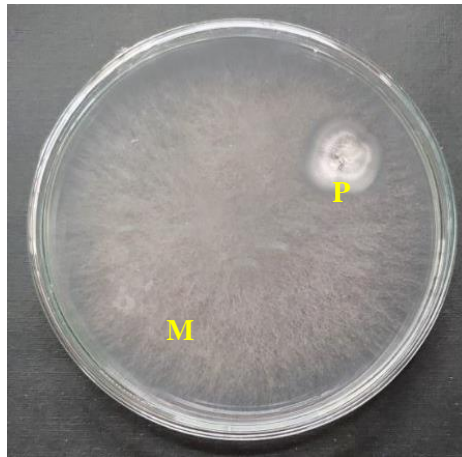
### 3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil identifikasi jamur patogen dianalisis dengan menggunakan ciri deskriptif makroskopis dan mikroskopis. Uji antagonis mengukur diameter miselium dalam cm dan menunjukkan daerah penghambatan pada media PDA. Data yang diperoleh diuji secara statistik dengan Oneway Variant Analysis (ANOVA) untuk mengetahui jamur antagonis berpengaruh atau tidak terhadap jamur patogen pada uji antagonis. Jika ada pengaruh, uji lanjut Duncan pada taraf nyata ( $\alpha=5\%$ ) digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang nyata antar perlakuan.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Uji Antagonis Jamur *Mucor sp* terhadap Jamur Patogen *Penicillium digitatum*

Uji antagonis pada umumnya menggunakan metode *dual culture*, dimana metode ini dua jenis jamur ditempatkan dalam satu media yang sama tetapi ditempatkan secara berlawanan dan berdekatan agar mereka dapat berinteraksi, pertumbuhan dan perkembangan jamur patogen dan agen antagonis diamati untuk melihat apakah ada efek penghambatan atau interaksi antara keduanya. Pengamatan uji antagonis dilakukan mulai hari kesatu setelah inokulasi sampai hari ketujuh setelah inokulasi, perlakuan uji antagonis dengan tiga kali ulangan pada setiap konsentrasi perlakuan.



**Gambar 4.1** Uji Antagonis Jamur *Mucor sp* vs Jamur Patogen *Penicillium digitatum* dengan menggunakan metode *dual culture*

Uji antagonis (Gambar 4.1) jamur *Mucor sp* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum*. Hasil pengamatan pada uji antagonis memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap diameter koloni jamur patogen. Rata-rata diameter koloni (cm) jamur antagonis dan jamur patogen tersaji pada Table 4.1



**Tabel 4.1.** Rerata Diameter Koloni Jamur Antagonis *Mucor sp* dan Jamur Patogen *Penicillium digitatum*

<b>Uji Antagonis Jamur <i>Mucor sp</i> Vs Jamur <i>Penicillium digitatum</i></b>		
Perlakuan Konsentrasi	Diameter Rata-rata Koloni (cm)	
	<i>Mucor sp</i>	<i>Penicillium digitatum</i>
10 <sup>-1</sup>	7,8	1,2
10 <sup>-2</sup>	7,6	1,3
10 <sup>-3</sup>	7,3	1,5
Kontrol	8	2,6

Rerata diameter miselium antara isolat jamur *Mucor sp* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* pada hari ketiga untuk jamur antagonis *Mucor sp*, menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Pada perlakuan kali ini jamur *Mucor sp* dengan jamur patogen *Penicillium digitatum* diinokulasikan pada hari yang sama dan diamati pada hari ketiga untuk jamur *Mucor sp*, hal tersebut dikarenakan jamur antagonis *Mucor sp* pada hari ketiga sudah memenuhi cawan petri. Pada pengujian antagonis jamur *Mucor sp* rerata diameter miselium terbesar yaitu pada perlakuan konsentrasi 10<sup>-1</sup> dengan diameter miselium sebesar 7,8 cm dan 1,2 cm untuk jamur patogen *Penicillium digitatum*, hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan miselium jamur *Mucor sp* lebih cepat dibandingkan dengan jamur patogen *Penicillium digitatum*.

Berdasarkan pengamatan rerata diameter miselium pada jamur antagonis *Mucor sp* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) memiliki daya hambat yang baik. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 menunjukkan kemampuan yang berbeda antara jamur *Mucor sp* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum*. Untuk itu dapat dilihat secara signifikan dengan mengetahui persentase hambatannya.

Persentase hambatan patogen dihitung untuk mengetahui pengaruh daya hambat jamur antagonis terhadap pertumbuhan jamur patogen.

**Tabel 4.2** Rata-rata Persentase Hambatan Pertumbuhan *Mucor sp.* Terhadap Jamur Patogen pada hari ketiga

<i>Mucor sp</i> Vs <i>Penicillium digitatum</i>		
No	Perlakuan Konsentrasi	Rata-rata Persentase (%)
1	$10^{-1}$	54 a
	$10^{-2}$	50 a
	$10^{-3}$	42 b

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata antar perlakuan.

Hasil analisis sidik ragam anova pada persentase daya hambat menunjukkan nilai signifikan sebesar 0,000 atau ( $p < 0,05$ ) Lampiran (5). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian jamur antagonis *Mucor sp* terhadap jamur patogen terdapat pengaruh nyata, sehingga perlu dilakukan uji lanjut dengan uji *Duncan*. Hasil analisis uji *Duncan* menunjukkan bahwa jamur *Mucor sp* memiliki kemampuan yang tidak berbeda nyata dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen dari beberapa konsentrasi. Rata-rata persentase daya hambat terbesar untuk isolate *Mucor sp* terlihat pada perlakuan konsentrasi  $10^{-1}$  yaitu sebesar 54 %, namun hasil tersebut dianggap tidak berbeda nyata dengan perlakuan konsentrasi  $10^{-2}$  dengan nilai sebesar 50% dan pada konsentrasi  $10^{-3}$  berbeda nyata dengan konsentrasi  $10^{-1}$  dengan nilai 42%, karena diikuti dengan huruf yang berbeda.

Besarnya hambatan yang ditunjukkan oleh masing-masing perlakuan yaitu pada jamur antagonis yang memiliki pertumbuhan yang cepat pada media PDA, kecepatan pertumbuhan jamur yang tinggi menentukan besar aktivitas dalam menekan pertumbuhan jamur patogen. Menurut Syamsia, S. (2023) sifat antagonis pada mikroorganisme muncul akibat adanya interaksi mereka dengan jamur

patogen atau organism lain, hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti produksi senyawa antibiotik atau senyawa lain yang bersifat toksik terhadap jamur patogen, senyawa-senyawa ini dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen, sehingga dapat melindungi tanaman dari serangan penyakit.

Selain itu ada faktor kompetisi nutrisi jamur antagonis memiliki kemampuan yang baik dalam memanfaatkan nutrisi, sehingga jamur patogen pertumbuhannya jadi terhambat akibat kurang menerima nutrisi. Faktor lain seperti produksi enzim hidrolitik jamur antagonis dapat menghasilkan enzim hidrolitik seperti kitinase, protease, dan glukukanase. Enzim-enzim tersebut dapat menghancurkan komponen sel jamur patogen, seperti kitin dan glukukan dalam dinding sel serta protein sel.

Menurut Santra & Banerjee (2022) jamur *Mucor sp* dapat bersaing dengan jamur patogen untuk sumber nutrisi dan tempat tumbuh, sehingga menghambat pertumbuhan jamur patogen. Jamur ini juga dapat menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang memiliki sifat antimikroba atau antifungal. Senyawa-senyawa tersebut dapat membantu menghambat pertumbuhan patogen. Beberapa penelitian mengidentifikasi bahwa interaksi antar jamur *Mucor sp* dan tanaman dapat merangsang respons pertahanan tanaman, seperti peningkatan produksi fitoaleksin atau aktivasi jalur pertahanan sistemik.

Menurut Juni A (2020) jamur *Mucor sp* menghasilkan metabolit sekunder seperti mikosin, mikosin merupakan senyawa antibiotik, senyawa ini memiliki aktivitas antibakteri dan telah diteliti sebagai agen pengendalian mikroorganisme patogen. Senyawa zygotin merupakan senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh jamur *Mucor sp* senyawa ini memiliki aktivitas antifungal dan telah diteliti sebagai

agen pengendali hayati dalam pertanian untuk melawan patogen pada tanaman. Jamur *Mucor sp* dapat memproduksi enzim hidrolitik seperti protease, amylase, dan lipase. Enzim-enzim ini berperan dalam proses dekomposisi bahan organik dan pencernaan ekstraseluler.

#### 4.2 Uji Antagonis Jamur *Trichoderma harzianum* terhadap Jamur Patogen *Penicillium digitatum*

Uji antagonis (Gambar 4.2) jamur *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap diameter koloni jamur patogen. Rata-rata diameter koloni (cm) jamur antagonis dan jamur patogen tersaji pada Table 4.3



**Gambar 4.2** Uji Antagonis Jamur *Trichoderma harzianum* vs Jamur Patogen *Penicillium digitatum* dengan menggunakan metode *dual culture*

**Tabel 4.3** Rerata Diameter Koloni Jamur Antagonis *Trichoderma harzianum* dan Jamur Patogen *Penicillium digitatum*

Uji Antagonis Jamur <i>Trichoderma harzianum</i> Vs Jamur <i>Penicillium digitatum</i>		
Perlakuan Konsentrasi	Diameter Rata-rata Koloni (cm)	
	<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Penicillium digitatum</i>
10 <sup>-1</sup>	7	2
10 <sup>-2</sup>	6,8	2,2
10 <sup>-3</sup>	6,7	2,3
Kontrol	9	3,8

Rerata diameter miselium antara *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen pada hari kelima dapat tumbuh secara penuh pada cawan petri. Pada uji antagonis jamur *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum*, diameter miselium tertinggi pada perlakuan konsentrasi  $10^{-1}$  sebesar 7 cm dan 2 cm untuk jamur patogen *Penicillium digitatum*.

Berdasarkan pengamatan rerata diameter miselium pada jamur antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) memiliki daya hambat yang baik. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3 menunjukkan kemampuan yang berbeda antara jamur *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum*. Untuk itu dapat dilihat secara signifikan dengan mengetahui persentasenya. Persentase hambatan patogen dihitung untuk mengetahui pengaruh daya hambat jamur antagonis terhadap pertumbuhan jamur patogen.

Tabel 4.4 Rata-rata persentase Hambatan Pertumbuhan Jamur *Trichoderma harzianum* Terhadap Jamur Patogen *Penicillium digitatum* pada Hari Kelima

<i>Trichoderma harzianum</i> Vs <i>Penicillium digitatum</i>		
No	Perlakuan Konsentrasi	Rata-rata Persentase (%)
2	$10^{-1}$	47 a
	$10^{-2}$	42 a
	$10^{-3}$	39 b

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata antar perlakuan.

Hasil analisis sidik ragam ANOVA pada persentase hambat menunjukkan nilai signifikan sebesar 0,000 atau ( $p < 0,05$ ) (Lampiran 5), hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh nyata pada perlakuan uji antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum*. Oleh karena itu

dilakukan uji lanjut *Duncan* untuk melihat beda nyata antar perlakuan konsentrasi. Rata-rata persentase daya hambat tertinggi pada isolate *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen yaitu pada perlakuan konsentrasi  $10^{-1}$  sebesar 47% dan pada konsentrasi  $10^{-2}$  sebesar 42%, dan pada konsentrasi  $10^{-3}$  sebesar 39% hasil tersebut berbeda nyata dengan perlakuan yang lainnya.

Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jamur *Mucor sp* memiliki pertumbuhan yang cepat dibandingkan dengan jamur antagonis *Trichoderma harzianum*. Hal tersebut terlihat dari rata-rata persentase daya hambat yang diperoleh oleh jamur *Mucor sp* mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen pada hari ketiga dengan rata-rata persentase daya hambat berturut-turut sebesar 54%, 50% dan 42%. Sedangkan data rata-rata persentase daya hambat jamur antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* pada perlakuan konsentrasi berturut-turut sebesar 47%, 42% dan 39%. Hal ini menunjukkan bahwa isolat *Trichoderma harzianum* memiliki kemampuan yang sedikit rendah dibandingkan dengan jamur *Mucor sp* dalam menghambat pertumbuhan jamur *Penicillium digitatum*.

Penelitian yang dilakukan oleh Heo, S. *et al.* (2023) mengenai kemampuan antagonis *Mucor sp* untuk menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium sp* menunjukkan bahwa jamur *Mucor sp* memiliki daya hambat terbesar terhadap jamur *Fusarium sp* yaitu sebesar 62,59%. Kemampuan ini disebabkan karena adanya kemampuan berkompetisi dalam memperebutkan ruang tumbuh, perebutan oksigen dan nutrisi, hal tersebut terlihat pada jamur *Mucor sp* yang memiliki pertumbuhan yang cepat. Rata-rata persentase hambat jamur *Mucor sp* paling tinggi terhadap jamur patogen penyebab penyakit *green mold* yaitu sebesar 62%, hal ini

menunjukkan adanya potensi jamur *Mucor sp* untuk dijadikan sebagai agen antagonis. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Arifah (2016) mengenai uji antagonis jamur *Mucor sp* memiliki persentase daya hambat tertinggi terhadap jamur *Fusarium oxysporm* dengan rata-rata daya hambat sebesar 39,77%, dan rata-rata daya hambat terendah sebesar 29,77% pada isolat F1 yaitu *Fusarium sp*.

Penelitian yang dilakukan oleh Eva et al. (2013) menyatakan bahwa jamur *Mucor sp* memiliki hambatan 25,93% terhadap *F. Oxysporm* . *Mucor sp* menggunakan mekanisme kompetisi dan mikroparasitisme dengan tumbuh secara cepat dan berkompetisi dalam perebutan makanan sehingga menyaingi pertumbuhan jamur patogen. Namun dalam penelitian ini peran jamur *Mucor sp* sangat baik dalam menekan pertumbuhan jamur patogen *Penicillium digitatum* sehingga layak untuk ditidak lanjuti sebagai agen antagonis.

Pada penelitian ini jamur antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *green mold* pada buah jeruk keprok *Citrus reticulata* memiliki rata-rata daya hambat sebesar 49%. Menurut Najib (2014) jamur *Trichoderma harzianum* memiliki kemampuan dalam menghambat jamur patogen seperti *Aspergillus sp* memiliki daya hambat terbesar pada spesies jamur *Aspergillus flavus* yaitu sebesar 62,59%. Kemampuan jamur ini dalam menghambat jamur patogen disebabkan karena adanya kompetisi dalam memperebutkan ruang, oksigen dan juga nutrisi, sehingga jamur *Trichoderma harzianum* mampu tumbuh dengan cepat dan menghambat pertumbuhan jamur patogen, terlihat jamur *Trichoderma harzianum* memiliki pertumbuhan yang cepat. Menurut Junita dkk (2023) menjelaskan bahwa pertumbuhan yang cepat

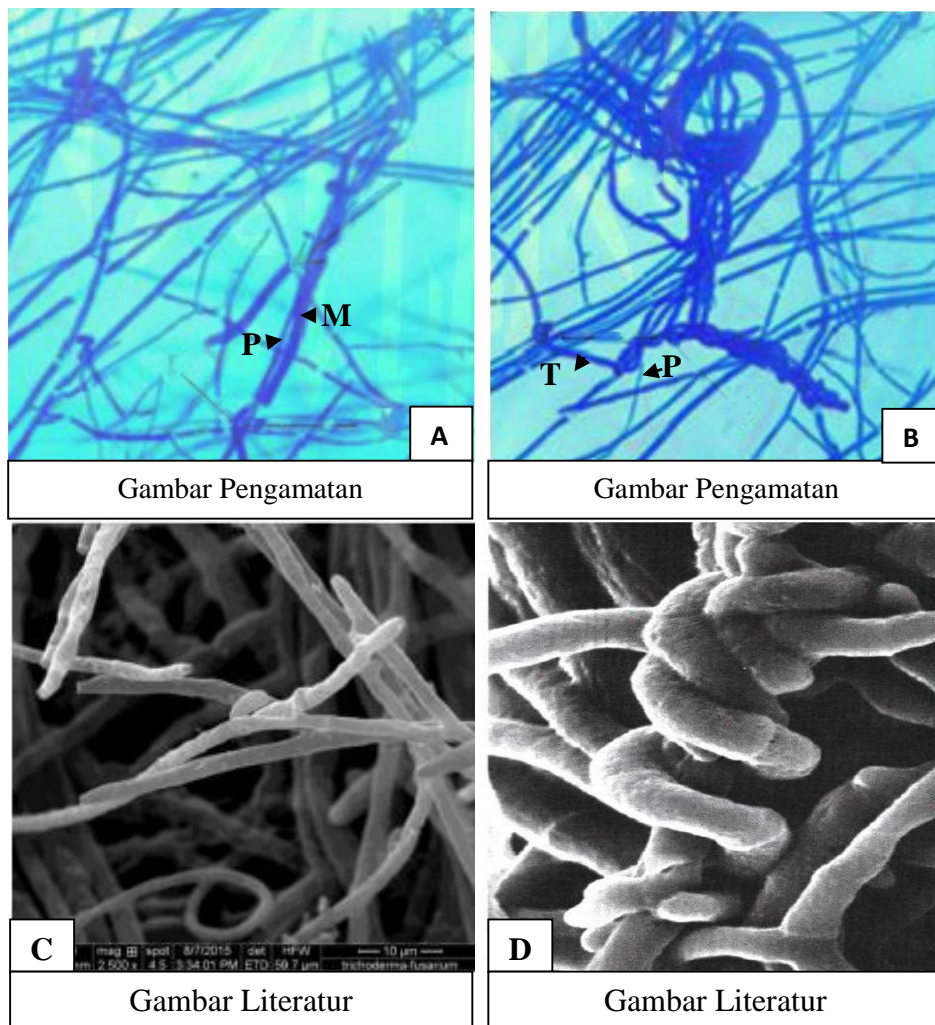
menguntungkan bagi jamur antagonis *Trichoderma harzianum* dalam berkompetisi dengan jamur patogen dalam memperoleh ruang dan nutrisi.

Menurut Fajrin *et al.* (2013) dalam penelitiannya menginformasikan bahwa tingginya kemampuan jamur antagonis *Trichoderma harzianum* dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium* sp1 maupun *fusarium* sp2, hal ini diketahui dari persentase hambatan atau PIRG pada pengujian dengan metode dual culture pada hari ketujuh secara berturut-turut memiliki nilai hambatan sebesar 49,7% dan 49,6% pada *Fusarium* sp2. Maka dari itu kedua jamur antagonis *Mucor* sp dan *Trichoderma harzianum* sangat berpotensi untuk digunakan sebagai agen hayati dalam mengatasi penyakit pada tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen.

Menurut Giyanto, G. (2023) jenis agen hayati banyak dikembangkan adalah mikroorganisme alami, hal tersebut dikarenakan lebih cepat dibandingkan dengan ekstrak senyawa tertentu dari tanaman, bahkan sebagian ada pula yang mampu hidup dalam jaringan tanaman (endofit) memiliki sifat menghambat pertumbuhan dan berkompetisi dalam ruang dan nutrisi dengan jamur patogen. Pengembangan dan penggunaan agen hayati dalam pengendalian penyakit pada tanaman merupakan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan dibandingkan dengan penggunaan fungisida kimia sintetis. Agen hayati ini bekerja secara selektif, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, serta membuat keseimbangan ekosistem pertanian.



**4.5 Mekanisme Penghambatan (Interaksi) antara Jamur Antagonis *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* terhadap Jamur Patogen *Penicillium digitatum* Penyebab penyakit *Green Mold* pada Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*)**



**Gambar 4.3** A. Interaksi Jamur *Mucor sp* terhadap Patogen *Penicillium digitatum*, B. Interaksi Jamur *Trichoderma harzianum* terhadap *Penicillium digitatum*, C. Gambar Literatur (Daramola dkk, 2023), D. Gambar Literatur (Purwanti, S *et al.* 2023)

Keterangan: M. Hifa *Mucor sp*, T. Hifa *Trichoderma harzianum*, P. Hifa *Penicillium digitatum*.

Berdasarkan hasil pengamatan pada uji interaksi antara jamur antagonis terhadap jamur patogen, dapat diketahui bahwa mekanisme antagonis yang ditunjukkan oleh *Mucor sp* yaitu adanya pelilitan disekeliling hifa jamur patogen

*Penicillium digitatum* (Gambar 4.3 A), terlilitnya hifa tersebut bertujuan untuk menekan pertumbuhan hifa patogen. Hal tersebut juga dijelaskan oleh Siregar dkk (2022) yaitu mekanisme antagonis jamur *Mucor sp* melalui mikroparasitisme yaitu mula-mula pertumbuhan miselia *Mucor sp* memanjang kemudian membelit dan mempenetrasi hifa dari *Penicillium digitatum*, sehingga hifa dari jamur patogen mengalami vakuolisasi dan lisis yang selanjutnya hifa jamur antagonis akan tumbuh dalam hifa jamur patogen. Ukuran hifa jamur *Mucor sp* bervariasi tergantung pada kondisi pertumbuhan dan spesies yang tepat. Secara umum, hifa *Mucor sp* memiliki diameter sekitar 4-10 mikrometer ( $\mu\text{m}$ ). Namun, hifa jamur ini dapat tumbuh panjang dan membentuk jaringan hifa yang kompleks. Beberapa spesies *Mucor sp* dapat menghasilkan hifa yang lebih besar dengan diameter mencapai 20  $\mu\text{m}$  atau lebih. Sedangkan ukuran hifa dari jamur *Penicillium digitatum* adalah berkisar antara 2-4 mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) (Yuan X, *et al.*, 2023).

Mekanisme interaksi jamur antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum* yaitu hifa dari jamur antagonis akan melilit hifa dari jamur patogen (Gambar 4.3 B) pelilitan hifa tersebut bertujuan untuk menekan pertumbuhan jamur patogen. Menurut Gajera (2012) menginformasikan bahwa mekanisme mikroparasit jamur *Trichoderma harzianum* secara langsung akan menginfeksi jamur patogen dengan cara mensekresi enzim lytic seperti kitinase,  $\beta$ -1-3 glukonase dan protease. Enzim ini berperan dalam proses mikroparasit, berhubungan dengan susunan membrane skeleton pada dinding sel jamur yang tersusun atas glucan, kitin dan protein. Hastuti *et al.* (2014) menjelaskan bahwa enzim-enzim tersebut berperan penting dalam mendegradasi membran sel sehingga membentuk lubang pada hifa jamur patogen. Hal tersebut dapat

menyebabkan hifa dari jamur *Trichoderma harzianum* mudah berpenetrasi kedalam hifa jamur patogen untuk mengambil nutrisi dalam sel, sehingga akan menyebabkan kematian pada jamur patogen. Menurut Rumandani (2023) Ukuran hifa dari jamur *Trichoderma harzianum* 4-7 mikrometer ( $\mu\text{m}$ ), sedangkan pada jamur *Penicillium digitatum* adalah berkisar antara 2-4 mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) (Yuan X, *et al.*, 2023).

Pemanfaatan jamur antagonis sebagai agen hayati dalam pengendalian penyakit yang disebabkan oleh jamur patogen telah dijelaskan dalam Al-Qur'an, dimana segala sesuatu yang telah diciptakan oleh Allah dimuka bumi ini secara berpasang-pasangan dan bukan tanpa tujuan, melainkan semuanya itu diciptakan memiliki tujuan tertentu. Namun tidak semua tujuan yang dimaksudkan oleh Allah SWT diketahui oleh manusia, seperti halnya jamur antagonis yang harus digali potensinya, sehingga semua itu harus dipelajari terlebih dahulu. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam Al-Quran Surat adz-Dzariyat ayat 49:

وَمِنْ كُلِّ شَيْءٍ خَلَقْنَا زَوْجَيْنِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ۝٤٩

Artinya: “Dan segala sesuatu kami ciptakan berpasang-pasangan supaya kamu mengingat kebesaran Allah.” (Q.S az-zariyat/51:49).

Menurut Tafsir Al-Mishbah dalam Qurais Shihab (2002) makna dari lafadz “Waminkulli syaiin Kholaqnaa Zaujaini” (dan segala sesuatu telah kami ciptakan secara berpasang-pasangan), yaitu seluruh makhluk itu berpasang-pasangan : bumi dan langit, malam dan siang, bulan dan matahari, lautan dan daratan, gelap dan terang, kebahagiaan dan kesengsaraan, surga dan neraka, mati dan hidup, bahkan sampai pada tumbuhan dan hewan yang masing-masing berpasangan. Allah swt berfirman, “Laallakum tadzkurun” (supaya kamu akan mengingat kebesaran Allah), maka hendaklah hamba-hambanya ingat kepadaNya sebagai pencipta yang

Maha Esa tiada bersekutu, maksudnya, maka berlindunglah kalian kepadaNya dan bersandarlah hanya kepadaNya dalam menyelesaikan semua urusan kalian. Itu menunjukkan bahwa Allah swt menciptakan segala sesuatu di muka bumi ini dengan berpasang-pasangan, dalam hal ini Allah menciptakan penyakit berupa jamur patogen yang dapat merusak buah jeruk dan sekaligus menciptakan obatnya berupa jamur antagonis yang hidup di alam dan memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan jamur patogen.

Penghambatan pertumbuhan jamur patogen oleh jamur antagonis ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah memproduksi senyawa bioaktif yang diproduksi langsung oleh jamur antagonis. Strobel (2003) menginformasikan bahwa jamur antagonis mampu menghasilkan senyawa-senyawa bioaktif seperti antifungi, antikanker, antivirus, antibakteri, antimalaria, dan sebagainya. Penelitian kali ini jamur antagonis yang dimanfaatkan untuk menghambat pertumbuhan jamur patogen yang menyebabkan penyakit *greenmold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) dapat menyebabkan kerugian bagi para petani. Dalam hal ini, Allah swt berfirman dalam Al-Qur'an Surah Thahaa ayat 53 yang berbunyi:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَوَسَّلَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَخَرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّىٰ

Artinya: “Yang Telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan yang Telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam” (Q.S Thahaa 20:53).

Menurut Tafsir Al-Mishbah dalam Qurais shihab (2002) arti dari maka kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam, jenis yang bermacam-macam bisa dimaknai sebagai bentuk,

warna, manfaat, ukuran, rasa dan baunya. Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah swt telah menciptakan segala jenis macam tumbuhan, dimana di dalam tumbuhan tersebut pada kali ini buah jeruk terdapat kehidupan, contohnya saja jamur patogen yang hidup di buah tersebut disamping itu tumbuh juga di alam jamur antagonis bahkan bisa tumbuh di dalam jaringan tanaman dan memiliki banyak manfaat baik bagi tanaman itu sendiri maupun bagi lingkungan dan juga manusia.

Berdasarkan hasil penelitian mengenai potensi jamur antagonis sebagai agen hayati untuk mengendalikan jamur patogen penyebab penyakit *greenmold* pada buah jeruk dimana jamur antagonis yang digunakan tidak akan memberikan dampak buruk terhadap lingkungan disekitarnya. Dengan demikian banyak pelajaran yang dapat diambil dan disyukuri atas anugrah yang telah Allah berikan, berupa kekayaan alam yang memiliki potensi luar biasa seperti jamur antagonis yang hidup di alam maupun yang ada pada jaringan tanaman, dan dapat dimanfaatkan dengan sebaik mungkin untuk melindungi tanaman dari serangan penyakit yang disebabkan oleh jamur patogen. Hal ini sebagai pelajaran bagi manusia bahwa bukti kekuasaan Allah swt begitu besar dan nyata, sehingga hendaknya harus dipelihara dan dijaga kelestariannya untuk terus bisa mempelajarinya.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Jamur antagonis *Mucor* sp. terbukti memiliki potensi sebagai jamur antagonis dan mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *greenmold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) secara *in vitro* secara efektif pada konsentrasi  $10^{-1}$  dengan persentase hambat sebesar 54%
2. Jamur antagonis *Trichoderma harzianum* terbukti memiliki potensi sebagai jamur antagonis dan mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Penicillium digitatum* penyebab penyakit *greenmold* pada buah jeruk keprok (*Citrus reticulata*) secara *in vitro* secara efektif pada konsentrasi  $10^{-1}$  dengan persentase hambat sebesar 47%

### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dikemukakan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan uji antijamur untuk mengetahui senyawa aktif yang dapat dihasilkan oleh jamur antagonis yang dapat menghambat pertumbuhan patogen
2. Perlu dilakukan analisis molekuler baik pada jamur antagonis maupun pada jamur patogen menggunakan sequens DNA ribosomal (rDNA) pada daerah ITS (*Internal Transcribe Spacer*) untuk identifikasi spesies secara tepat

## DAFTAR PUSTAKA

- Ainy, *et al.* (2015) Uji Aktivitas Antagonis *Trichoderma harzianum* 11035 terhadap *Colletotrichum capsici* TCKR2 dan *Colletotrichum acutatum* TCK1 Penyebab Antraknosa pada Tanaman Cabai. *Uji Aktivitas Antagonis Trichoderma harzianum* 11035
- Alfizar Marlina., dan Fitri, S. (2011) Kemampuan Antagonis *Trichoderma sp.* terhadap Beberapa Jamur Patogen In Vitro. *J. Floratek.* 8: 45-51
- Arifah, Hizbiyah Rizanti. (2016) Potensi Fungi Endofit Asal Daun Kenikir (*Cosmos sulphureus* Cav.) sebagai Antagonis Terhadap *Fusarium oxysporum* Penyebab Pokahbung pada Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Skripsi.* Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ashari, Sumeru. (2004) *Biologi Reproduksi Tanaman Buah-buahan Komersial.* Malang: Bayu Media.
- Asnidar, S. D., & Paranoan, D. R. R. (2021) Eksplorasi Jamur Pelarut Fosfat pada Tanah Masam dengan Penutup Lahan Hutan Sekunder, Padang Alang-Alang dan Perkebunan Kelapa Sawit Di Samarinda Phosphate Solubilizing Fungus Exploration in Acid Soil with a Cover of Secondary Forest Land, Grassland and Palm Oil Plantation. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab ISSN, 2622, 3570.*
- Barnett, H. L. (1972) *Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Second Edition.* Virgiana: Burgess Publishing Company.
- Badan Pusat Statistik, (2021). *Jumlah Produksi Jeruk Keprok periode 2017-2021 di Indonesia.* <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html>.
- Cahyono, B. (2005) *Budidaya Jeruk Mandarin.* Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- Chadha, N., Ram, P., dan Ajit, V. (2015) Plant Promoting Activities Of Fungal Endophytes Associated With Tomato Roots From Central Himalaya, India And Their Interaction With *Piriformospora indica*. *Int J Pharm Bio Sci.* 6 (1): 333-343.
- Chanda, D., Devi, S. P., & Das, N. (2022) Ecological diversity of Phylloplane Mycoflora of medicinal plants in Naharlagun, *Papumpare District, Arunachal Pradesh, India.*
- Costa, J. H., *et al.* (2021). Phytotoxic tryptoquialanines produced in vivo by *Penicillium digitatum* are exported in extracellular vesicles. *MBio* 12:e03393-20.
- Daramola, J. A., Kester, C. T., & Adonkie, D. A. (2023) Antifungal Potential of Black Mangrove Leave Extracts on Isolates of Smoked Bonga Fish

- Sampled from Oju-Ore and Iyana Markets in Ota, Ogun State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 27(4), 703-708.
- Deciana *et al.*, (2014) Inventarisasi Jamur-Jamur Patogen Pada Buah Jeruk (*Citrus Sp*) Dibeberapa Pasar Dibandar Lampung. *Journal Agrotek Tropika* 2(2): 193-196.
- Derwin *et al.*, (2022) Pembelajaran *Resilent Backpropagation* Dengan Cirri *Moment Invariant* Dan Warna RGB Untuk Klasifikasi Buah Jeruk Kepronk. *Jurnal Fisika*. Vol. 7 No.1. ISSN: 2503-5274(p), 2657-1900(e).
- Desi A, *et.al.*, (2019) Aplikasi Formulasi Cair *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma virens* sebagai Agen Pengendali Hayati (APH) Penyakit Hawar Daun (*Phytophthora palmivora*) pada Bibit Kakao. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. Vol 4. No.2. Universitas Syiah Kuala.
- Domsch K. H., W. Gams., T-H anderson. (1980) *Compedium of Soil Fungi*. Volume 1. London: Academic Press.
- Droby, S., *et al.* (2008). Role of citrus volatiles in host recognition, germination and growth of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. *Postharvest Biol. Technol.* 49, 386–396
- Eva, L. M., Riajeng, K., dan Ferry, F. (2013). Skrining Dan Mekanisme Hambatan Kapang Rhizosfer Pada Lahan Pertanian Organik Terhadap *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*. *Skripsi*. Jakarta Selatan: Fakultas TMIPA Universitas Indraprasta
- Fajrin, Nur Melsya, Suharjono, Mutia Erti Dwiastusti. (2013) Potensi *Trichoderma sp.* Sebagai Pengendali *Fusarium sp.* Patogen Tanaman Strawberry (*Fragaria sp.*). *Jurnal Biotropika*. Vol. 1. No. 4.
- Fatmawati. (2015) Keanekaragaman Cendawan Endofit Pada Tanaman Kakao (*Theobroma cacao L.*) di Kabupaten Bantaeng. *Skripsi*. Makassar: Program Studi Agroteknologi Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tanaman.
- Fitriana, Y.A.N., Fitri, A.S., (2020) Analisis Kadar Vitamin C pada Buah Jeruk Menggunakan Metode Titrasi Iodometri, *SAINTEKS*, Vol. 17 No.1
- Fitriyana, R.A., (2017) Perbandingan Kadar Vitamin C pada Jeruk Nipis (*Citrus x Aurantiifolia*) dan Jeruk Lemon (*Citrus x Limon*) yang Dijual di Pasar Linggapura Kabupaten Brebes, *Publicitas*, Vol. 2No.2
- Gandjar,I., R.A. *et al.* (1999) *Pengenalan kapang tropik umum*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Giyanto, G. (2023). Biological Control of Bacterial Grain Rot Disease Caused by *Burkholderia glumae* Using Actinomycetes. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 19 (2), 63-73.



- Guo, L., *et al.* (2023) Polymethoxylated flavonoids (PMFs)-loaded citral nanoemulsion controls green mold in citrus by damaging the cell membrane of *Penicillium digitatum*. *Fungal Biology*, 127(1-2), 854-864.
- Han, Q., *et al.* (2013) A cytological study on infection of citrus fruits by *Penicillium digitatum*. *Mycosystema* 32, 967–977.
- Hartati, S., *et al.* (2022) Capability of Three Yeast Species in Suppressing Green Mold (*Penicillium Digitatum*) on Siam Citrus Fruit (*Citrus Nobilis*). *CROPSAVER-Journal of Plant Protection*, 5(2), 61-70.
- Harun MA. M. Yusuf. 2003. *Tafsir Ibnu Katsir*. Jilid 5. Bogor: Pustaka Imam asySyafi'i.
- Hasanah, Uswatun. (2023) Efektivitas Metabolit Sekunder Jamur *Trichoderma* sp. Terhadap Ketahanan Jamur *Fusarium* sp. pada Tanaman Terung (*Solanum mengolena* L.). *Undergraduate thesis*. UPN Veteran Jawa Timur.
- Helena, P. (2022). *Identifikasi Jamur Mikroskopis Pembusuk Buah-Buahan Dalam Bentuk Preparat Sebagai Bahan Ajar Mikologi* (Doctoral Dissertation, Universitas Jambi).
- Heo, S., *et al.* (2023) Quality characteristics of soybean fermented by *Mucor*, *Rhizopus*, and *Aspergillus* from meju. *Heliyon*, 9(3).
- Julian A.R. (2008) Analisis Faktor Determinan Keikutsertaan Petani Berkelompok, Pendapatan Dan Pemasaran Jeruk Siam Di Kabupaten Jember. *J-Sep*. Vol 2. No.1
- Juni Arianti, N. K. (2020) *Isolasi Dan Identifikasi Fungi Endofit Pada Kulit Jeruk Nipis (Citrus Aurantifolia)* (Doctoral Dissertation, Jurusan Teknologi Laboratorium Medis).
- Junita, A., Nurhayani, N., & Afridayanti, N. (2023) Optimalisasi Suhu di Inkubator untuk Penyimpanan Isolat Jamur *Trichoderma Sp.* di Laboratorium Fitopatologi. In *Seminar Nasional Lahan Suboptimal* (Vol. 10, No. 1, pp. 847-858).
- Kanetis, L., Förster, H., and Adaskaveg, J. E. (2007) Comparative efficacy of the new postharvest fungicides azoxystrobin, fludioxonil, and pyrimethanil for managing citrus *green mold*. *Plant Dis*. 91, 1502–1511.
- Kansius. (2011) *Budidaya Tanaman Jeruk*. Yogyakarta: Kansius
- Kristanto, P. (2013) *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Andi offset.
- Kumar, A.A., K. Karthick, Arumugam, K. P., (2011) Properties of Biodegradable Polymers and Degradatin for Sustainable Development, *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 2(3), 164-167.
- Kusumawardani, Y., Liliek, S., dan Abdul, C. (2015) Potensi Antagonis Jamur Endofit pada Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) Terhadap Jamur *Phytophthora capsici* Leionian Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang. *Jurnal HPT*. Vol. 3. No. 1.

- Lamanda, S. A. (2023) *Analisis Karakter Morfologi Dan Fisiologis Bibit Eboni (Diospyros Celebica Bakh) Pada Berbagai Biofertilizer* (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Lin, Y., *et al.* (2019). Melatonin decreases resistance to postharvest green mold on citrus fruit by scavenging defense-related reactive oxygen species. *Postharvest Biol. Technol.* 153, 21–30.
- Macarisin D, *et al.* (2007) *Penicillium digitatum* Suppresses Production of Hydrogen Peroxide in Host Tissue During Infection of Citrus Fruit. *Postharvest Pathology and Mycotoxins.* 97(11): 1491-1500,
- Manthey J.A., Grohmann K., (2001) Phenols in Citrus peel byproducts. Concentrations of hydroxycinnamates and polymethoxylated flavones in citrus peel molasses. *Journal Agriculture Food Chemical* 49 (7):3268–3273.
- Martino. (2009) Two Ellagitannin from The Leaves of Terminalia triflora with Inhibitory Activity in HIV-1 Reverse Transcriptase. *Phytotherapy Research Journal* Vol 18 : 667-669.
- Melisa, Melya (2022) Keberadaan Dan Intensitas Serangan Penyakit Busuk Pangkal Batang (*Phytophthora spp.*) Pada Tanaman Jeruk Siam (*Citrus nobilis*) Di Desa Waelawi Dan Desa Pengkajoang Kabupaten Luwu Utara. *Skripsi-S1 thesis*, Universitas Hasanuddin.
- Menegristek. (2015) Jeruk (*Citrus sp*). Kantor Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Jakarta. [www.ristek.go.id](http://www.ristek.go.id). Diakses pada tanggal 28 januari 2023.
- Meta A.O, *et.al.* (2022) Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap Fungi Patogen *Collectotricum sp.* Penyebab Penyakit Antraknosa Pada Stroberi (*Fragaria x ananassa*). *Live and Appiled Science*, Vol. 1. Universitas Malang.
- Molina, Patricia E (2010) *Endocrin pancreas. Dalam: Endocrine Physiology.* Third edition. Louisiana USA: McGraw Hill Company, pp 865-70.
- Natsir M.D. (2008) *Dasar-dasar Mikrobiologi.* Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Papoutsis, K., *et al.* (2019). Nonchemical treatments for preventing the postharvest fungal rotting of citrus caused by *Penicillium digitatum* (green mold) and *Penicillium italicum* (blue mold). *Trends Food Sci. Technol.* 86, 479–491.
- Pelczar, M. J. dan E. C. S. Chan. (2008) *Dasar-Dasar Mikrobiologi 1.* Jakarta: UI Press.
- Perez, M. F. (2017) Antagonistic yeasts for the biological control of *Penicillium digitatum* on lemons stored under export conditions. *Biol. Control* 115, 135–140.
- Petrini, O. *et al.* (1992) Ecology Metabolite Production and Substrate Utilization in Endophytic Fungi. *Natural Toxins* 1:185-196.

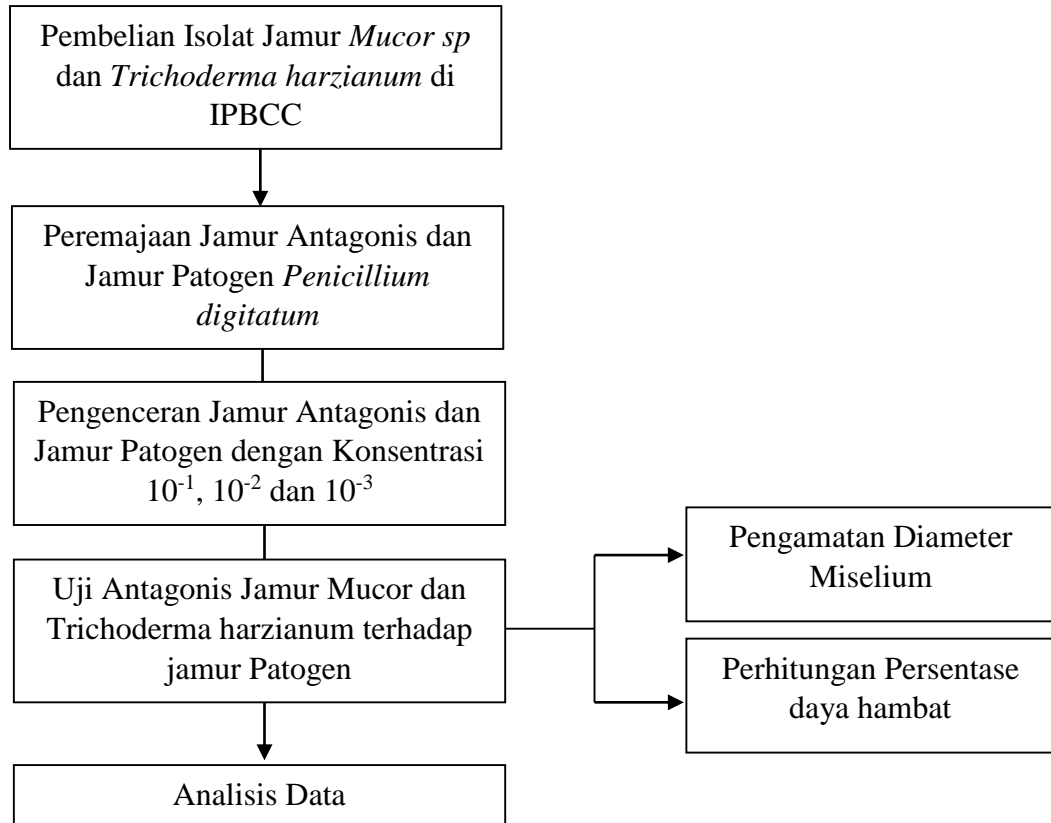
- Pitt, John I. (2009) *Fungi and food spoilage*. Ailsa D. Hocking (edisi ke-[3rd ed.]). New York: Springer-Verlag. ISBN 978-0-387-92207-2. OCLC 437346680.
- Pracaya. (1998). *Jeruk Manis*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pratiwi, Sylvia T. (2008) *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Purwantisari, S., et al. (2023) Aktivitas Cendawan Antagonis *Trichoderma* terhadap *Fusarium* dari Tanaman Kentang di Kecamatan Pakis Kabupaten Magelang. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), 46-56.
- Putra, S. S. (2023) Uji Antagonisme Jamur *Trichoderma sp* Asal Tanaman Kopi Terhadap Rigidoporus Microporus Penyebab Penyakit Jamur Akar Putih Pada Karet Secara *In Vitro*. *Sungkai*, 11(1), 35-42.
- Radji, Maksum. (2005) Peranan Bioteknologi dan Mikroba Endofit dalam Pengembangan Obat Herbal. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. Vol. 2. No.3. Hal: 113-126.
- Rahardi, Y.H.I, Haryono.(1999) *Agribisnis Tanaman Buah*, Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Rahmawati, Indriana. dkk. (2016) "Isolasi dan Identifikasi Kapang Kontaminan pada Jenang yang Dijual di Trenggalek" (PDF). *Seminar Nasional Pendidikan dan Saintek*: 131–135
- Rika E.G, et.al., (2020) Dampak Penggunaan Fungisida Sintetik pada Kelimpahan Cendawan Endofit Tanaman Padi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. Vol. 25 (3):432–439 ISSN 0853 – 4217.
- Rukmana, R. (2003) *JERUK NIPIS, Prospek Agribisnis, Budidaya dan Pascapanen*. Yogyakarta: Kanisius.
- Santra, H. K., & Banerjee, D. (2022) Drought alleviation efficacy of a galactose rich polysaccharide isolated from endophytic *Mucor sp.* HELF2: A case study on rice plant. *Frontiers in Microbiology*, 13.
- Semangun, H. (2008) *Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan Di Indonesia*. Edisi kedua. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Setiyani A. (2010) Uji Aktivitas Antijamur A-Mangostin Hasil Isolasi Kulit Buah Manggis *Garcinia Mangostana L.* Terhadap *Malassezia sp.*. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Shihab, Q (2002) *Tafsir Al-Mishbah, Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Quran*. Jakarta. Lentera Hati.
- Siregar, S., Oktarina, H., & Hakim, L. (2022) Eksplorasi dan Identifikasi Cendawan Endofit Asal Tanaman Padi yang Berpotensi Sebagai Agens Pengendali Hayati (*Pyricularia oryzae*) pada Padi. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(1), 737-748.

- Skidmore AM. & CH Dickinson. (1976) Colony interactions and hyphal interference between *Septoria nodurum* and phylloplane fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 66, 57-64.
- Soelarso, R.B. (1996) *Budidaya Jeruk Bebas Penyakit*. Kanisius, Yogyakarta.
- Stanway, D.R.P. (2011) *The Miracles of Lemons*. Watkins Publishing. London.
- Strobel, G. dan Daisy B. (2003) Bioprospecting for Microbial Endophytes and Their Natural Products. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. Vol. 67, No.4, Hal. 491-502.
- Suciatmih., *et al.* (2014) Isolasi, Identifikasi dan Evaluasi Antagonisme Terhadap *Fusarium oxysporum f.sp. cubense* (Foc) Secara *In vitro* Dari Jamur Endofit Tanaman Pisang. *Berita Biologi*. 13 (1). Bogor: LIPI.
- Sudantha, I.M., dan Abadi, A.L. (2007) Identifikasi Jamur Endofit Dan Mekanisme Antagonismenya Terhadap Jamur *Fusarium oxysporum f. sp. vanillae* Pada Tanaman Vanili. *Agroteksos*. 17. (1).
- Suharna, N. (2003) Interaksi antara *Trichoderma harzianum*, *Penicillium sp.* dan *Pseudomonas sp.* serta kapasitas antagonismenya terhadap *phytophthora capsiciln vitro*. *Berita biologi*, 6(6), 747-753.
- Sunarjono, H. (2008) *Berkebun 21 Jenis Tanaman Buah*. Cetakan 6. Penebar Swadaya, Jakarta
- Syamsia, S. (2023). The Potential of Endophyte Fungus as Control of Bacterial Leaf Blight Disease in Rice. *JURNAL GALUNG TROPIKA*, 12(1), 1-8.
- Tahir, M., Kusuma, A.T., Ekawati, (2018) Analisis Kadar Likopen dan Vitamin C Buah Jeruk Pamelon (*Citrus Maxima* (Burm) Merr) Varietas Daging Merah dan Putih Asal Sulawesi Selatan, *JCPS*, Vo. 2 No.1
- Tan, RX. dan Zou, WX. (2000) Endophytes: A Rich Source of Functional Metabolites. *Nat Prod Rep*. Vol. 18.
- Thamrin, M., S. Askin, Mukhlis, dan A. Budiman. (2006) *Potensi Ekstrak Flora Lahan Rawa Sebagai Pestisida Nabati*. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawan.
- Ummah, R & Suryaminarsih, P. (2023) Studi Literasi Potensi *Trichoderma spp.* sebagai Jamur Entomopatogen. *Exact Papers in Compilation*. Vol. 5.
- Van Steenis C.G.G.J., (1975) *Flora untuk Sekolah di Indonesia*, PT. Paramita, Jakarta Pusat.
- Vidiana, H. (2012) Keanekaragaman Kapang Penyebab Penyakit Tanaman Stroberi (*Fragaria Holland Newton*) pada Sistem Pengolahan Tanah Di Padukuhan Soka Binangun, Desa Merdikorejo, Kec. Tempel, Kab. Sleman Yogyakarta. *Skripsi*. Program Studi Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta.

- Wang, J., *et al.* (2022) Separation, Purification, Structural Characterization, and Anticancer Activity of a Novel Exopolysaccharide from *Mucor sp.* *Molecules*, 27(7), 2071.
- Wilson, C., *et al.* (1991) "Biological control of post-harvest diseases of fruits and vegetables: alternatives to synthetic fungicides". *Crop Protection* . **10** (3): 172–177.
- Worang, R.L. (2003) *Makalah Individu Pengantar Falsafah Sains (PPS702) Bogor: Program Pascasarjana/S3 Institut Pertanian Bogor.*
- Yuan, X., *et al.* (2023) Trans-2-hexenal inhibits the growth of imazalil-resistant *Penicillium digitatum* Pdw03 and delays green mold in postharvest citrus. *Postharvest Biology and Technology*, 199, 112304.
- Yulianti, T. (2013) Pemanfaatan Endofit Sebagai Agensia Pengendali Hayati Hama dan Penyakit Tanaman. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri*. Vol. 5. No. 1 : 40-49.
- Zahani FH, & Khaledi N. (2018) Biological Effects of Various Essential Oils on Citrus Decay Pathogens. *Intern. J. New Technol. Res.* 4(4): 129-139
- Zainuddin, *et.al.*, (2022) Antagonist Test Of *Trichoderma harzianum* to *Fusarium oxysporum* Causes Of Withering Disease In Plants Tomato (*Lycopersicum esculentum*) *In Vitro*. *Median* Vol.14. No.1
- Zhu, C., *et al.* (2017) Identification of secondary metabolite biosynthetic gene clusters associated with the infection of citrus fruit by *Penicillium digitatum*. *Postharvest Biol. Technol.* 134, 17–21.

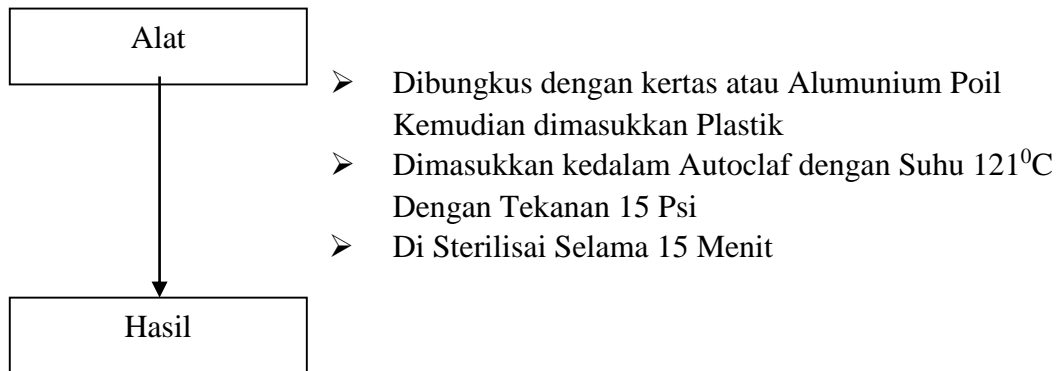
## LAMPIRAN

### Lampiran 1: Alur Penelitian

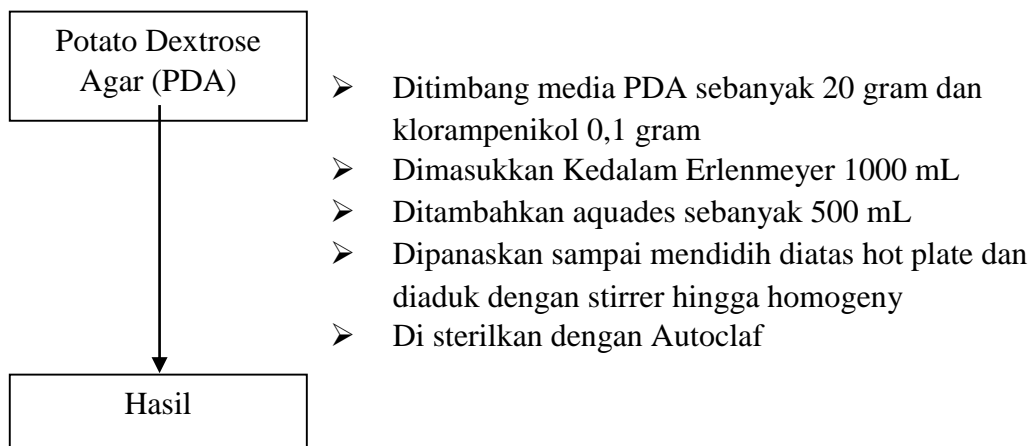


## Lampiran 2: Langkah Kerja

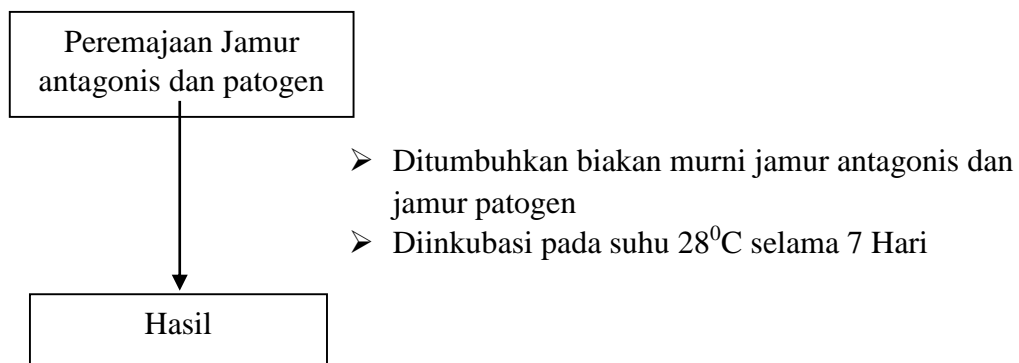
### 1 a. Sterilisasi Alat



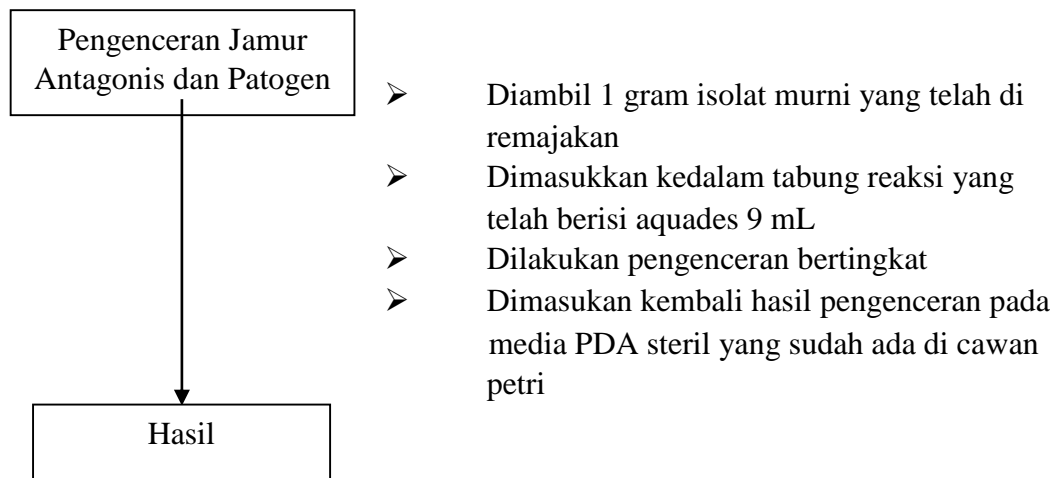
### 1 b. Pembuatan Media Potato Dextrose Agar (PDA)



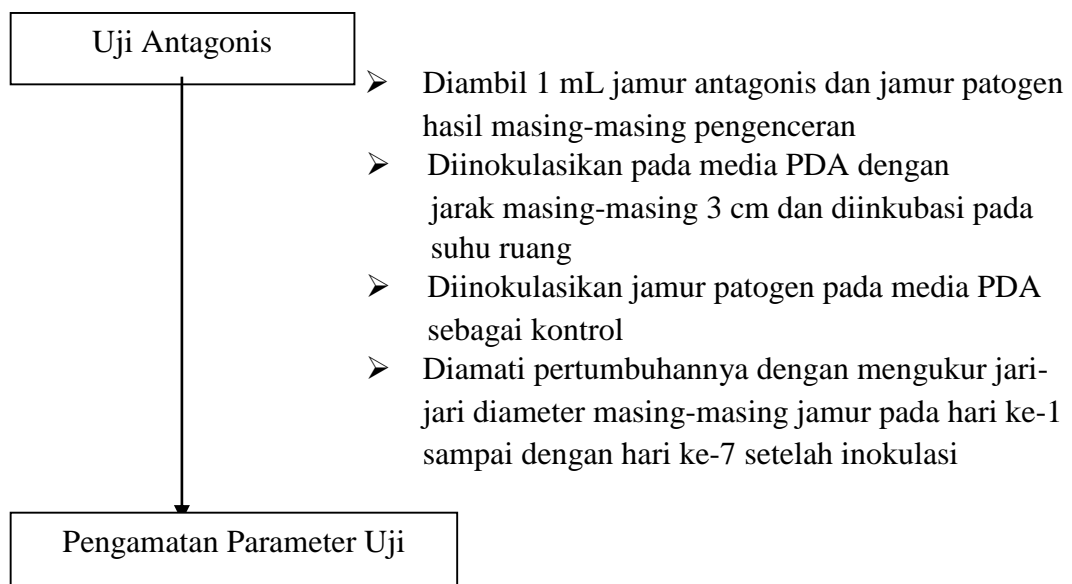
### 1 c. Peremajaan Jamur Antagonis dan Patogen



#### 1 d. Pengenceran (Dilution Method)



#### 1 e. Uji Antagonis Jamur Antagonis terhadap jamur Patogen





**Lampiran 3: Diameter Koloni Jamur Antagonis (*Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum*) dan Jamur Patogen *Penicillium Digitatum***

Uji Antagonis <i>Mucor sp</i> Vs <i>Penicillium digitatum</i>								
Konsentrasi	Hari Ke-1		Hari Ke-3		Hari Ke-5		Hari Ke-7	
	<i>Mucor sp</i>	<i>P digitatum</i>	<i>Mucor sp</i>	<i>P digitatum</i>	<i>Mucor sp</i>	<i>P digitatum</i>	<i>Mucor sp</i>	<i>P digitatum</i>
10 <sup>-1</sup>	3	0,7	7,8	1,2	-	-	-	-
10 <sup>-2</sup>	2,7	0,6	7,6	1,3	-	-	-	-
10 <sup>-3</sup>	2,4	0,5	7,3	1,5	-	-	-	-
Kontrol	3,3	0,8	9	2,6	-	-	-	-

Uji Antagonis <i>Trichoderma harzianum</i> Vs <i>Penicillium digitatum</i>								
Konsentrasi	Hari Ke-1		Hari Ke-3		Hari Ke-5		Hari Ke-7	
	<i>T harzianum</i>	<i>P digitatum</i>	<i>T harzianum</i>	<i>P digitatum</i>	<i>T harzianum</i>	<i>P digitatum</i>	<i>T harzianum</i>	<i>P digitatum</i>
10 <sup>-1</sup>	1,5	0,7	4,6	2	7	2	-	-
10 <sup>-2</sup>	1,4	0,6	4,1	1,9	6,8	2,2	-	-
10 <sup>-3</sup>	1,1	0,5	3,7	1,9	6,7	2,3	-	-
Kontrol	1,7	0,8	4,2	2,6	8	3,8		

**Lampiran 4: Persentase daya hambat jamur *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* terhadap jamur Patogen *Penicillium digitatum***

<i>Mucor sp</i> vs <i>Penicillium digitatum</i>	
Perlakuan Konsentrasi	Persentase Daya Hambat (%)
10 <sup>-1</sup>	54 %
10 <sup>-2</sup>	50 %
10 <sup>-3</sup>	42 %

<i>Trichoderma harzianum</i> vs <i>Penicillium digitatum</i>	
Perlakuan Konsentrasi	Persentase Daya Hambat (%)
10 <sup>-1</sup>	47 %
10 <sup>-2</sup>	42 %
10 <sup>-3</sup>	37 %

**Rumus:**  $P = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\%$

Keterangan:

P = Persentase penghambatan jamur *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum* terhadap jamur patogen *Penicillium digitatum*.

R<sub>1</sub> = Diameter pertumbuhan jamur patogen pada kontrol

R<sub>2</sub> = Diameter pertumbuhan jamur patogen yang diinokulasi dengan jamur *Mucor sp* dan *Trichoderma harzianum*

$$\begin{aligned}
 - \text{ *Mucor sp* vs *P. digitatum* } 10^{-1} &= P = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\% \\
 &= P = \frac{2,6 - 1,2}{2,6} \times 100\% \\
 &= 54 \% \\
 - \text{ *Mucor sp* vs *P. digitatum* } 10^{-2} &= P = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\% \\
 &= P = \frac{2,6 - 1,3}{2,6} \times 100\% \\
 &= 50 \%
 \end{aligned}$$

- *Muchor sp* vs *P. digitatum*  $10^{-3}$  =  $P = \frac{R1-R2}{R1} \times 100\%$   
=  $P = \frac{2,6 - 1,5}{2,6} \times 100\%$   
= 42 %
- *T. harzianum* vs *P. digitatum*  $10^{-1}$  =  $P = \frac{R1-R2}{R1} \times 100\%$   
=  $P = \frac{3,8 - 2}{3,8} \times 100\%$   
= 47 %
- *T. harzianum* vs *P. digitatum*  $10^{-2}$  =  $P = \frac{R1-R2}{R1} \times 100\%$   
=  $P = \frac{3,8 - 2,2}{3,8} \times 100\%$   
= 42 %
- *T. harzianum* vs *P. digitatum*  $10^{-3}$  =  $P = \frac{R1-R2}{R1} \times 100\%$   
=  $P = \frac{3,8 - 2,3}{3,8} \times 100\%$   
= 39 %

**Lampiran 5: Hasil Analisis Sidik Ragam (ANOVA)**

**1. *Mucor sp* vs *Penicillium digitatum***

**ANOVA**

Hasil

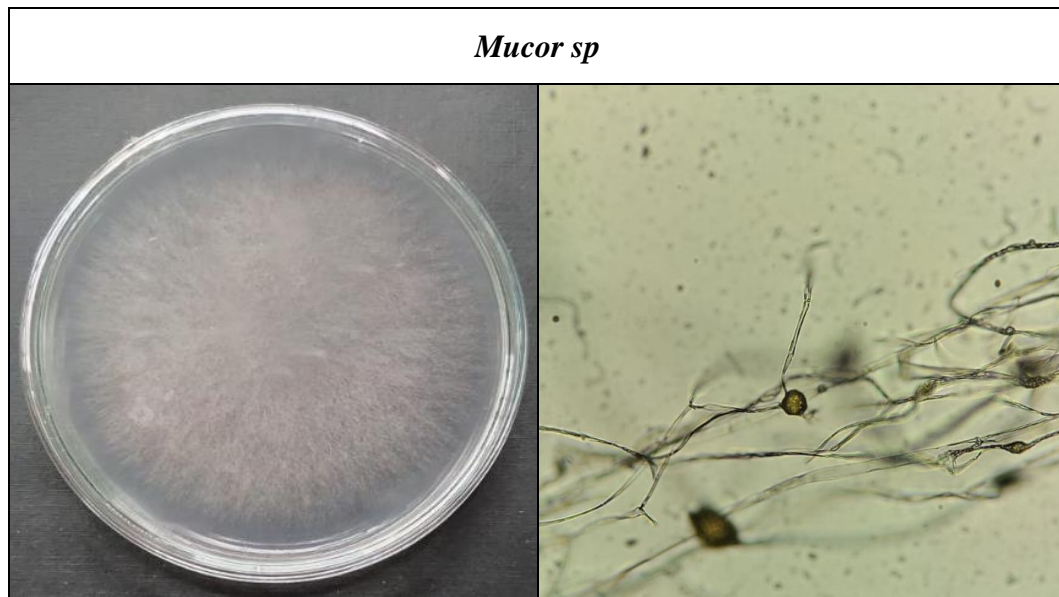
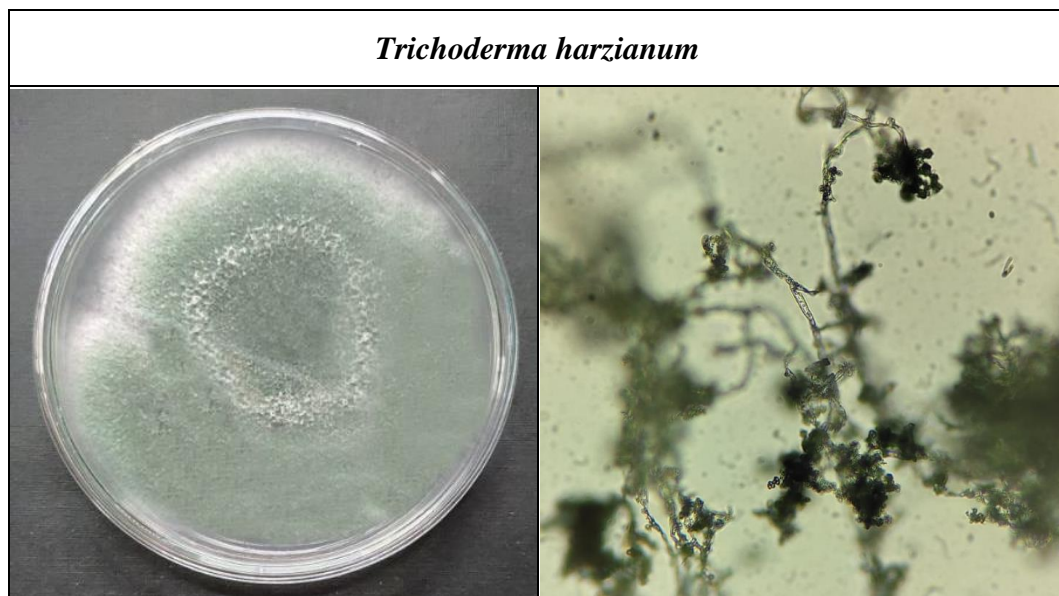
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13.885	8	1.736	1041.375	.000
Within Groups	.005	3	.002		
Total	13.890	11			

**2. *Trichoderma harzianum* vs *Penicillium digitatum***

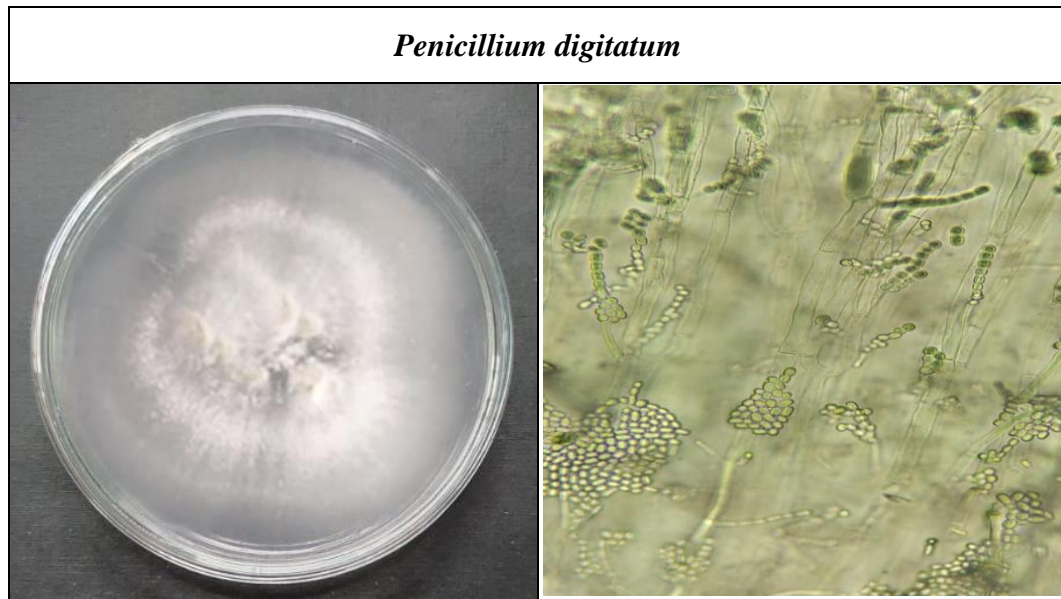
**ANOVA**

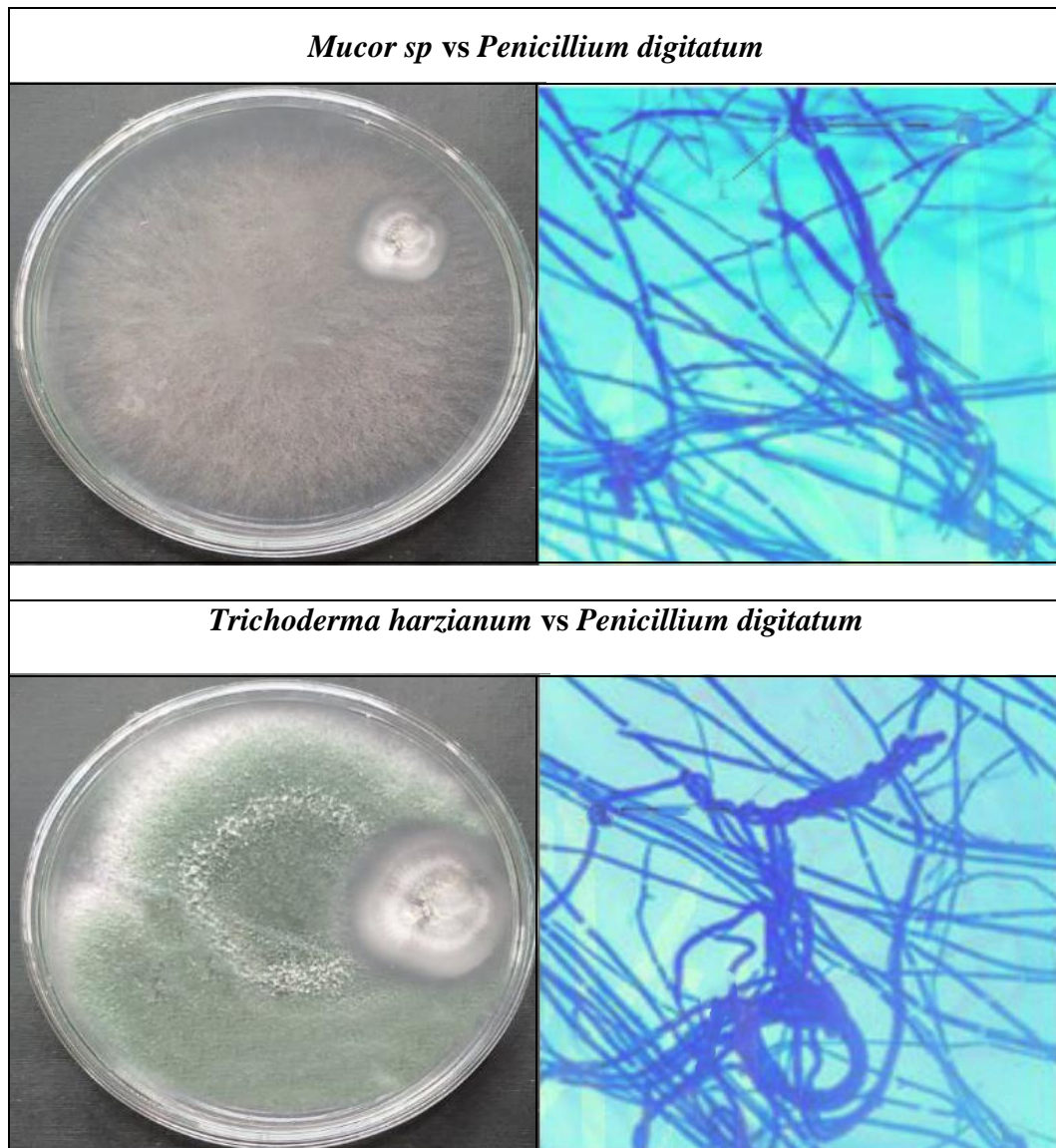
Hasil

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.082	6	1.014	42.240	.000
Within Groups	.120	5	.024		
Total	6.202	11			

**Lampiran 6: Dokumentasi****1. Foto Jamur *Mucor sp* Secara Makroskopis dan Mikroskopis****2. Foto Jamur *Trichoderma harzianum* Secara Makroskopis dan Mikroskopis**

### 3. Foto Jamur *Penicillium digitatum* Secara Makroskopis dan Mikroskopis



**Lampiran 7: Uji Antagonis****1. *Mucor sp* vs *Penicillium digitatum***



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIKIBRAHIMMALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
JURUSAN BIOLOGI  
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. (0341) 558933, Fax. (0341) 558933

### KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Satria Khairurrahman  
NIM : 16620014  
Program Studi : S1 Biologi  
Semester : Genap TA 2022/2023  
Pembimbing : Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc.  
Judul Skripsi : Uji Antagonis Jamur *Mucor* sp Dan *Trichoderma harzianum* Terhadap Jamur Patogen *Penicillium digitatum* Penyebab Penyakit *Green Mold* Pada Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*) Secara *In Vitro*

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	30 Januari 2023	Konsultasi BAB I, II, III	
2.	8 Februari 2023	Revisi BAB I, II, III	
3.	13 Februari 2023	ACC Proposal	
4.	15 April 2023	Konsultasi BAB IV, V	
5.	1 Mei 2023	Revisi BAB IV, V	
6.	15 Mei 2023	Revisi BAB IV, V	
7.	5 Juni 2023	ACC BAB IV, V	
8.			
9.			
10.			

Pembimbing  
Skripsi,

Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc.  
NIP. 19900428 2016080 1 2062

Malang, 5 Juni 2023

Ketua Jurusan



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.  
NIR. 19741018 200312 2 002





KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM EG PIMAU LAN MALIKI BPAHIMMALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
JURUSAN BIOLOGI  
II Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. (0341) 558933 Fax. (0341) 558933

### BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Satria Khairurrahman  
NIM : 16620014  
Program Studi : SI Biologi  
Semester : Genap TA 2022/2023  
Pembimbing : Priya Dewi Fitriyani, M.Sc.  
Judul Skripsi : Uji Antagonis Jamur *Mucor* sp Dan *Trichoderma harzianum* Terhadap Jamur Patogen *Penicillium digitatum* Penyebab Penyakit *Green Mold* Pada Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*) Secara *In Vitro*

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	Ttd. Pembimbing
1.	3 Februari 2023	Konsultasi Integrasi BAB I	
2.	14 Februari 2023	ACC	
3.	16 Mei 2023	Konsultasi BAB IV	
4.	5 Juni 2023	ACC BAB IV Integrasi	
5.			

Pembimbing Skripsi,

Oky Bagas Prasetyo, M.Pd.I  
NIP.19890113 20180201 1 244

Malang, 5 Juni 2023  
Ketua Jurusan,

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.  
NIP.19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
JURUSAN BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933  
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: [biologi@uin-malang.ac.id](mailto:biologi@uin-malang.ac.id)

Form Checklist Plagiasi

Nama : M. Satria Khairurrahman  
NIM : 16620014  
Judul : Uji Antagonis Jamur *Mucor sp* Dan *Trichoderma harzianum* Terhadap Jamur Patogen *Penicillium digitatum* Penyebab Penyakit *Green Mold* Pada Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*) Secara *In Vitro*

No	Tim Check Plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc.		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc.		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si.	206	

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.  
NIP. 19741018 200312 2 002