

**Aktivitas Antagonisme Yeast terhadap Fungi Patogen pada  
*Citrus sinensis* dan *Citrus nobilis***

**Skripsi**



**Devi Ayu Prasetyoningsih  
31180240**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
Yogyakarta  
2023**

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devi Ayu Prasetyoningsih  
NIM : 31180240  
Program studi : Biologi  
Fakultas : Bioteknologi  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Aktivitas Antagonisme Yeast terhadap Fungi Patogen pada *Citrus sinensis* dan *Citrus nobilis*”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta  
Pada Tanggal : 6 Februari 2023

Yang menyatakan



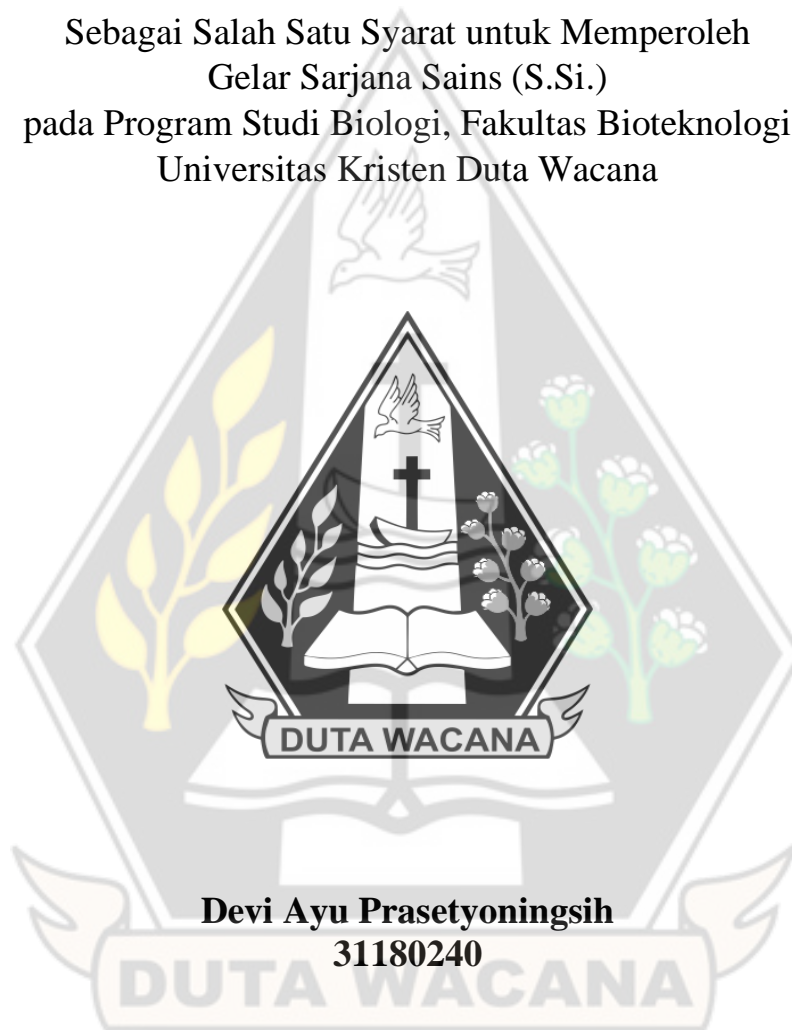
(Devi Ayu Prasetyoningsih)

NIM.31180240

**Aktivitas Antagonisme Yeast terhadap Fungi Patogen pada  
*Citrus sinensis* dan *Citrus nobilis***

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains (S.Si.)  
pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana



**Devi Ayu Prasetyoningsih**

**31180240**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
Yogyakarta  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Skripsi dengan judul:

**AKTIVITAS ANTAGONISME YEAST TERHADAP FUNGI PATOGEN PADA *Citrus sinensis* DAN *Citrus nobilis***

telah diajukan dan dipertahankan oleh:

**DEVI AYU PRASETYONINGSIH**

**31180240**

dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi

Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana

dan dinyatakan **DITERIMA** untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada tanggal 28 Januari 2023

**Nama Dosen**

**Tanda Tangan**

1. Dr. Dhira Satwika, M.Sc.  
(Dosen Pembimbing I/Tim Penguji)



2. Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc. :  
(Dosen Pembimbing II/Tim Penguji)



3. Prof. Dr. Kris Herawan Timotius :  
(Dosen Penguji/Ketua Tim Penguji)



**Yogyakarta, 7 Februari 2023**

**Disahkan oleh:**

**Dekan,**

**Ketua Program Studi,**



**Dr. Dhira Satwika, M.Sc.**



**Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.**



## HALAMAN PERSETUJUAN

Judul : Aktivitas Antagonisme Yeast terhadap Fungi Patogen pada  
*Citrus sinensis* dan *Citrus nobilis*  
Nama Mahasiswa : Devi Ayu Prasetyoningsih  
Nomor Induk Mahasiswa : 31180240  
Hari/Tanggal Ujian : 28 Januari 2023

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



(Dr. Dhira Satwika, M.Sc.)

(Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.)

NIK: 904 E 146

NIK: 214 E 556

Ketua Program Studi Biologi



(Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.)

NIK: 214 E 556

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devi Ayu Prasetyoningsih

NIM : 31180240

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**“Aktivitas Antagonisme Yeast terhadap Fungi Patogen pada *Citrus sinensis* dan *Citrus nobilis*”**

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 28 Januari 2023



Devi Ayu Prasetyoningsih  
NIM: 31180240

DUTA WACANA

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yesus Kristus karena berkat, kemurahan, dan kasih karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul: “**Aktivitas Antagonisme Yeast terhadap Fungi Patogen pada *Citrus sinensis* dan *Citrus nobilis***”. Selama proses penelitian hingga penulisan naskah skripsi ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Dhira Satwika, M.Sc., selaku dosen pembimbing pertama atas ilmu, dukungan, saran, serta nasihat yang diberikan dari awal penelitian skripsi sampai selesai.
2. Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua atas ilmu, saran, bimbingan, dukungan, dan arahnya selama proses penyelesaian skripsi.
3. Livia Teja Laksmiana, S.Si., dan Vina Evianti Ririassa, S.Si., atas izin penggunaan isolat yeast dan fungi yang diberikan kepada penulis sehingga dapat melanjutkan penelitian tersebut.
4. Seluruh dosen, laboran, dan staff administrasi Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana atas ilmu, bantuan, saran, dan bimbingannya selama proses perkuliahan sampai penelitian skripsi.
5. Kedua orang tua, Bapak terkasih Ev. Dr. Prasetyo Tri Suwarno, M.Th dan Ibu terkasih Trifena Ngatiningsih, S.Th., M.Pd.K yang selalu mendoakan, memberikan semangat dan kekuatan sehingga dapat melewati segala proses dari awal sampai dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Ega Dwi Pratiwi Lukmenda, Astrid Ayu Sekar, Wendy Elvina, Sarah Mega Pratenna Kaban, Josiah Herald Matheos, Mentari Noviyanti Puteri, Nigel Verrel, Phephy Berliana serta sahabat-sahabat lainnya yang selalu memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
7. Teman-teman Fakultas Bioteknologi angkatan 2018 atas kebersamaan dan pengalaman yang diberikan selama proses menuntut ilmu di Universitas Kristen Duta Wacana.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas doa, dukungan, semangat, dan bantuan yang diberikan kepada penulis.
9. *Last but not least, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I receive, I wanna thank me for tryna do more right than wrong, and I wanna thank me for just being me at all times.*

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, dibutuhkan kritik dan saran yang dapat membangun. Kiranya skripsi ini dapat bermanfaat dan memotivasi para peneliti muda untuk berkarya dan mengembangkan ilmu pengetahuan di masyarakat.

Yogyakarta, 28 Januari 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL DEPAN</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN SAMPUL DALAM</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II</b> .....	<b>4</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1. <i>Modes of Action</i> Yeast Antagonis.....	4
2.2. Fungi Patogen pada Buah <i>Citrus sinensis</i> dan <i>Citrus nobilis</i> .....	8
<b>BAB III</b> .....	<b>12</b>
<b>METODOLOGI</b> .....	<b>12</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	12
3.2. Alat.....	12
3.3. Bahan .....	12
3.4. Alur Kerja .....	12
3.4.1. Koleksi Sampel .....	12
3.4.2. Uji <i>In Vitro</i> .....	13
3.4.3. Uji <i>In Vivo</i> .....	13
3.4.4. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	14
3.4.5. Analisis Data.....	14
<b>BAB IV</b> .....	<b>16</b>

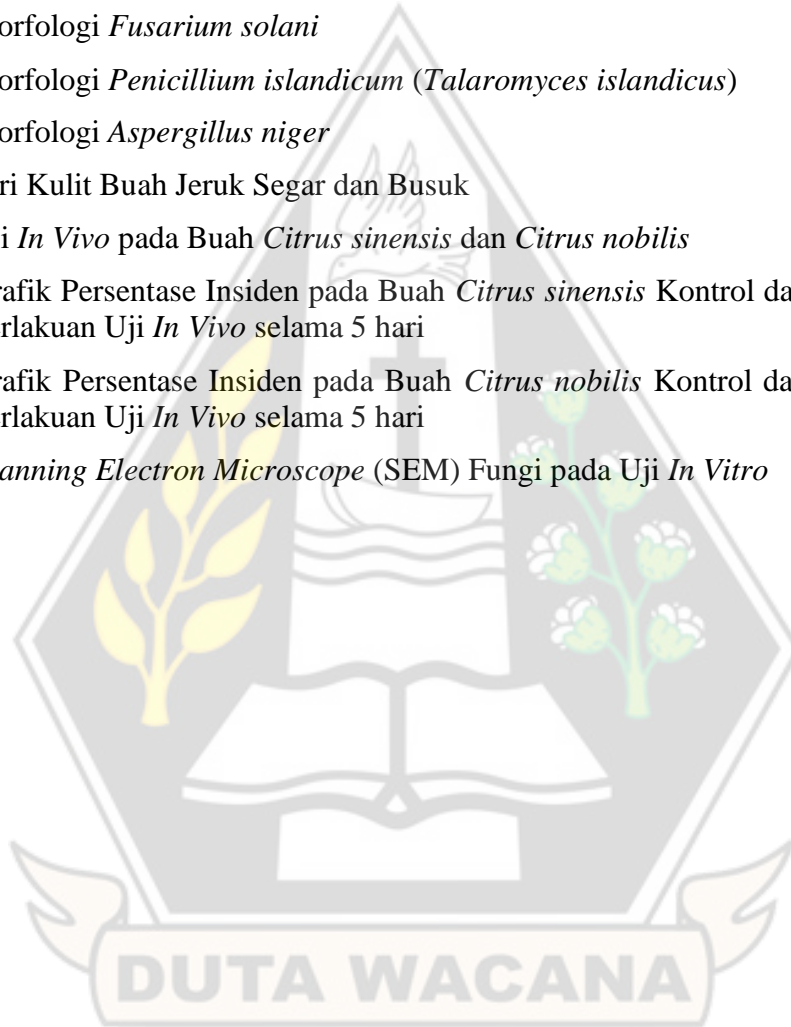


<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>16</b>
4.1. Daya Hambat Yeast terhadap Fungi Melalui Uji <i>In Vitro</i> .....	16
4.2. Efektifitas Yeast Antagonis dalam Mengontrol Fungi Patogen Melalui Uji <i>In Vivo</i> .....	20
4.3. Efek Antagonisme Yeast terhadap Miselium Fungi .....	23
<b>BAB V .....</b>	<b>27</b>
<b>PENUTUP.....</b>	<b>27</b>
5.1. Kesimpulan .....	27
5.2. Saran .....	27
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>28</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>34</b>



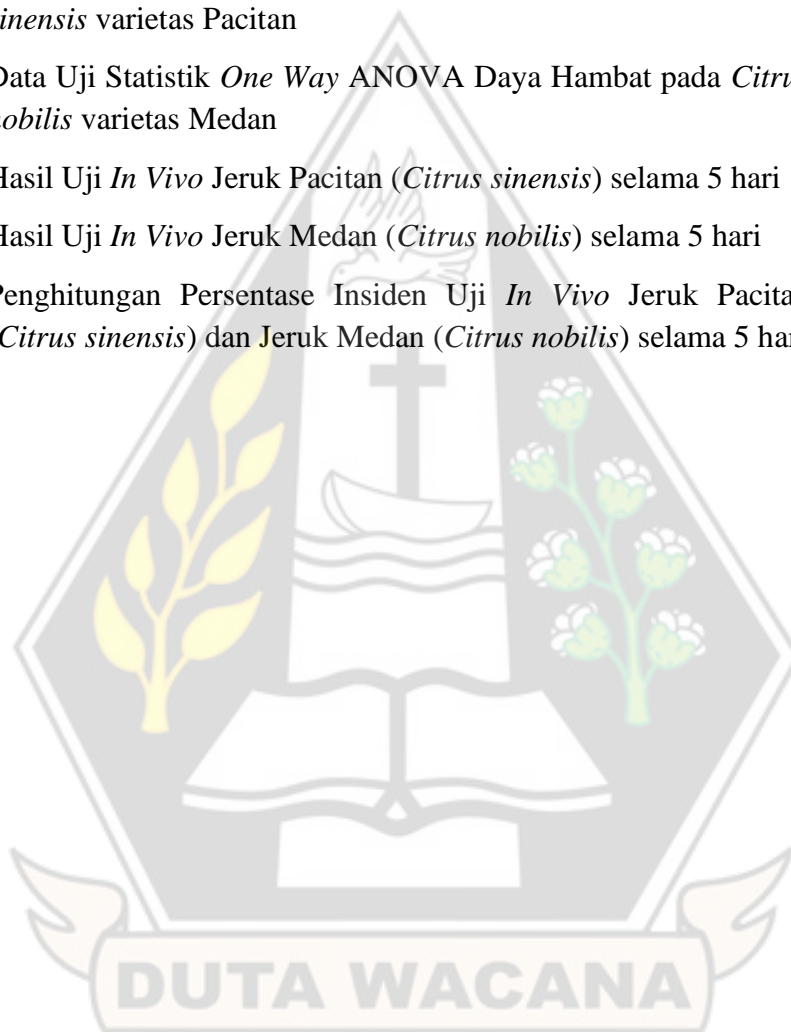
## DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Skema interaksi antar komponen sistem biokontrol termasuk patogen, yeast antagonis, inang, mikrobioma epifit, dan lingkungan	4
2.2	Mekanisme <i>killer toxins</i> oleh <i>killer yeast</i>	6
2.3	Morfologi <i>Penicillium citrinum</i>	9
2.4	Morfologi <i>Fusarium solani</i>	10
2.5	Morfologi <i>Penicillium islandicum</i> ( <i>Talaromyces islandicus</i> )	10
2.6	Morfologi <i>Aspergillus niger</i>	11
4.1	Ciri Kulit Buah Jeruk Segar dan Busuk	20
4.2	Uji <i>In Vivo</i> pada Buah <i>Citrus sinensis</i> dan <i>Citrus nobilis</i>	21
4.3	Grafik Persentase Insiden pada Buah <i>Citrus sinensis</i> Kontrol dan Perlakuan Uji <i>In Vivo</i> selama 5 hari	22
4.4	Grafik Persentase Insiden pada Buah <i>Citrus nobilis</i> Kontrol dan Perlakuan Uji <i>In Vivo</i> selama 5 hari	22
4.5	<i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) Fungi pada Uji <i>In Vitro</i>	24



## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1	Hasil Uji Antibiosis pada Medium PDA selama 48 jam	33
2	Penghitungan Persentase Daya Hambat Uji Antibiosis	34
3	Data Persentase Daya Hambat pada Uji Antibiosis selama 48 jam	37
4	Data Uji Statistik <i>One Way</i> ANOVA Daya Hambat pada <i>Citrus sinensis</i> varietas Pacitan	38
5	Data Uji Statistik <i>One Way</i> ANOVA Daya Hambat pada <i>Citrus nobilis</i> varietas Medan	39
6	Hasil Uji <i>In Vivo</i> Jeruk Pacitan ( <i>Citrus sinensis</i> ) selama 5 hari	41
7	Hasil Uji <i>In Vivo</i> Jeruk Medan ( <i>Citrus nobilis</i> ) selama 5 hari	42
8	Penghitungan Persentase Insiden Uji <i>In Vivo</i> Jeruk Pacitan ( <i>Citrus sinensis</i> ) dan Jeruk Medan ( <i>Citrus nobilis</i> ) selama 5 hari	43



## ABSTRAK

### Aktivitas Antagonisme Yeast terhadap Fungi Patogen pada *Citrus sinensis* dan *Citrus nobilis*

DEVI AYU PRASETYONINGSIH

*Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan merupakan buah jeruk yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena memiliki manfaat dalam industri makanan, obat-obatan, dan kosmetik. Penurunan produktivitas jeruk akibat penyakit pasca panen yang disebabkan oleh fungi patogen masih belum dapat dikendalikan secara optimal dan memberi efek toksik bagi lingkungan. Penelitian yang dilakukan sebelumnya menunjukkan potensi yeast antagonis *M. caribbica* dan *M. guilliermondii* sebagai agen biokontrol dalam menghambat perkembangan fungi *P. citrinum*, *F. solani*, *T. islandicus*, dan *A. niger* penyebab penyakit pasca panen pada buah *C. sinensis* varietas Pacitan dan *C. nobilis* varietas Medan secara *in vitro*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan antagonisme yeast dalam menghambat perkembangan fungi patogen pada buah *C. sinensis* varietas Pacitan dan *C. nobilis* varietas Medan melalui uji *in vitro*, *in vivo*, dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Uji antibiosis memberi informasi bahwa *M. guilliermondii* menunjukkan penghambatan pertumbuhan sebesar 31,6% terhadap *A. niger*, sedangkan *M. caribbica* 1 menunjukkan penghambatan sebesar 29,7% terhadap *F. solani* pada uji *in vitro*. Setelah 5 hari masa inkubasi pada uji *in vivo*, kontrol *C. sinensis* varietas Pacitan dan *C. nobilis* varietas Medan mengalami kerusakan 100%. *C. sinensis* dengan penambahan yeast menunjukkan ketahanan lebih baik dengan tingkat kerusakan lebih rendah, sebesar 44,4%; sedangkan *Citrus nobilis* menunjukkan tingkat kerusakan sebesar 0% dengan penambahan yeast. Hasil *Scanning Electron Microscope* menunjukkan kemungkinan mekanisme *direct-parasitism* oleh *M. caribbica* 1 dan *M. guilliermondii* menghambat fungi patogen dengan merusak miselium fungi *F. solani* dan *A. niger*.

**Kata kunci:** aktivitas antagonisme, *Aspergillus niger*, *Fusarium solani*, *Meyerozyma caribbica*, *Meyerozyma guilliermondii*



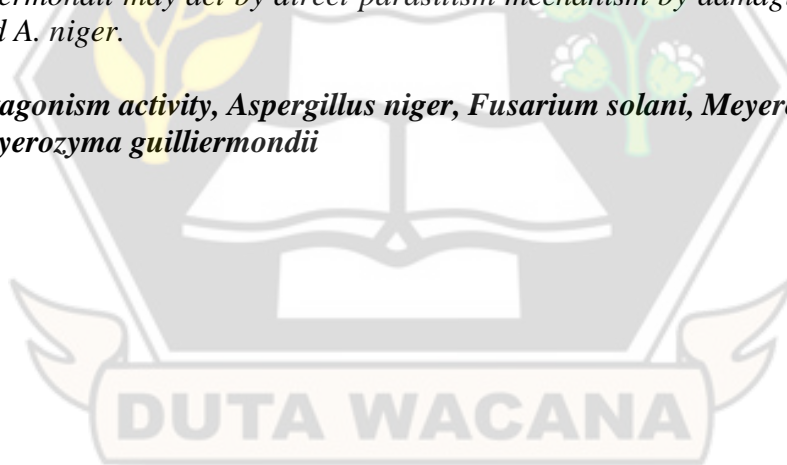
## ABSTRACT

### *Yeast Antagonism Activity against Pathogenic Fungi in Citrus sinensis and Citrus nobilis*

DEVI AYU PRASETYONINGSIH

*Citrus sinensis* var. Pacitan and *Citrus nobilis* var. Medan are widely used because of their functions in food, medicine, and cosmetic industries. The decline in the productivity of citrus commodities due to post-harvest diseases caused by pathogenic fungi still cannot be controlled optimally. The chemical measure of pathogenic fungi that has been carried out is still not optimal and result in toxic effect on the environment. Previous studies have shown the potential of antagonistic yeasts *M. caribbica* and *M. guilliermondii* as biocontrol agents in inhibiting the growth of pathogenic fungi *P. citrinum*, *F. solani*, *T. islandicus*, and *A. niger* causing post-harvest disease in *C. sinensis* and *C. nobilis* in “in vitro” assay. This research was conducted to determine the ability of antagonistic yeast to inhibit the development of pathogenic fungi on *C. sinensis* var. Pacitan and *C. nobilis* var. Medan through “in vitro”, “in vivo” and Scanning Electron Microscope (SEM) analysis. *M. guilliermondii* showed 31.6% growth inhibition against *A. niger* while *M. caribbica* 1 showed 29.7% inhibition against *F. solani* in “in vitro” assay. After 5 days of incubation period in “in vivo” assay, control fruit of *C. sinensis* var. Pacitan and *C. nobilis* var. Medan was 100% damaged, while the damage of *C. sinensis* var. Pacitan with the addition of antagonistic yeasts was 44.4% and *Citrus nobilis* var. Medan was 0%. Scanning Electron Microscope confirmed this finding that *M. caribbica* 1 and *M. guilliermondii* may act by direct-parasitism mechanism by damaging the mycelium of *F. solani* and *A. niger*.

**Keywords:** *antagonism activity, Aspergillus niger, Fusarium solani, Meyerozyma caribbica, Meyerozyma guilliermondii*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Jeruk manis (*Citrus sinensis*) dan jeruk siam (*Citrus nobilis*) merupakan dua komoditas pangan yang berasal dari famili Rutaceae dengan kandungan vitamin C, senyawa flavonoid, dan senyawa lain seperti asam fenolik, kumarin, asam karboksilat, asam amino serta D-limonen yang banyak dibudidayakan karena memiliki manfaat dalam bidang industri makanan, obat-obatan, dan kosmetik (Klimek-Szczykutowicz *et al*, 2020; Chhikara *et al*, 2018; Chen *et al*, 2020; Atolani *et al*, 2020; Bento-Silva *et al*, 2020; Sova *et al*, 2020). Varietas *Citrus sinensis* dan *Citrus nobilis* yang ada di Indonesia adalah *Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan. Kedua jenis jeruk ini banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia untuk menunjang kebutuhan konsumsi, industri, dan lainnya.

Hingga saat ini permasalahan yang menjadi faktor penurunan hasil pascapanen kelompok buah jeruk *Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan adalah penyakit pascapanen. Penyakit pascapanen merupakan penyakit yang terjadi pada komoditas pertanian/perkebunan saat pascapanen yang disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah fungi patogen penyebab penyakit pada tanaman. Penyakit pascapanen khususnya pada buah *Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan yang disebabkan oleh keberadaan fungi patogen dipengaruhi oleh karakteristik buah *Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan. Buah *Citrus sinensis* umumnya memiliki pH 3,19-3,64 (Letaif *et al*, 2016; Shamloo *et al*, 2015; Nasirifar *et al*, 2018) sedangkan buah *Citrus nobilis* memiliki pH 3,21-3,9 (Nawaz *et al*, 2019; Aini *et al*, 2022). Selain kandungan gula dan nutrisi yang tinggi, tingkat keasamaan (pH) menjadi faktor yang menyebabkan kedua buah jeruk ini rentan terhadap fungi karena umumnya fungi akan berkembang optimal pada kondisi asam (Ali *et al*, 2017). Beberapa cara pengendalian sudah dilakukan seperti pengendalian secara kimia menggunakan fungisida. Namun cara pengendalian yang dilakukan belum optimal bahkan memberi efek samping bagi lingkungan dan makhluk hidup lain (Zhang *et al*, 2020).

Saat ini para peneliti telah banyak melaporkan pengendalian fungi patogen penyebab penyakit pascapanen pada tanaman jeruk dengan memanfaatkan makhluk hidup (biokontrol) khususnya mikroorganisme yang dapat melakukan mekanisme antagonisme.

Antagonisme merupakan mekanisme kontrol secara biologi yang dilakukan oleh mikroorganisme untuk mengendalikan patogen yang didasarkan pada beberapa mekanisme (*modes of action*) yaitu kompetisi nutrisi dan ruang pertumbuhan, parasitisme dengan memproduksi senyawa volatil dan nonvolatil serta hiperparasitisme (Singh *et al*, 2020). Salah satu agen biokontrol yang saat ini banyak diteliti dan dimanfaatkan adalah yeast karena memiliki kemampuan efek antagonisme terhadap mikroorganisme penyebab penyakit pada tanaman (Chen *et al*, 2020; Zhang *et al*, 2020; Khunnamwong *et al*, 2020; Perez *et al*, 2016; Chen *et al*, 2018; Cabañas *et al*, 2020; Pereyra *et al*, 2021; Kariodimedjo & Satwika, 2018; Laksmana, 2021; Ririassa, 2021). Penelitian mengenai yeast antagonis juga telah dilaporkan di Indonesia, khususnya di Universitas Kristen Duta Wacana, yaitu penelitian yeast antagonis dalam menghambat fungi patogen pada lemon (Kariodimedjo & Satwika, 2018), yeast antagonis sebagai agen biokontrol pada nyamuk lokal (Satwika *et al*, 2021), yeast antagonis yang diisolasi dari *Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan dalam menghambat *Penicillium citrinum* dan *Fusarium solani* (pada *Citrus sinensis* varietas Pacitan) serta *Talaromyces islandicus* dan *Aspergillus niger* (pada *Citrus nobilis* varietas Medan) (Laksmana, 2021; Ririassa, 2021). Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan semakin banyak potensi pemanfaatan yeast antagonis sebagai agen biokontrol dalam pengendalian penyakit pascapanen yang dapat dikaji dan diteliti, namun belum ada penelitian khususnya di Indonesia mengenai aktivitas yeast antagonis dalam mengendalikan fungsi patogen pada buah *Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan. Hal tersebut melatarbelakangi dilakukannya penelitian ini sebagai lanjutan dari penelitian yang dilakukan oleh Laksmana (2021) dan Ririassa (2021) untuk mengetahui aktivitas antagonisme yeast antagonis dalam mengendalikan perkembangan fungsi patogen penyebab kebusukan pascapanen buah *Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian adalah belum adanya informasi mengenai mekanisme aktivitas antagonisme yang dilakukan oleh yeast antagonis dalam menghambat perkembangan fungsi patogen pada buah *Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Mengetahui aktivitas antagonisme yeast antagonis dalam menghambat perkembangan fungi patogen pada buah *Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan.

### 1.4. Manfaat Penelitian

Memberikan informasi mengenai aktivitas antagonisme yeast antagonis dalam mengendalikan fungi patogen yang dapat digunakan dalam pengembangan teknologi *pest control* pada buah *Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan.





## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Yeast antagonis *Meyerozyma caribbica* 1 dan *Meyerozyma guilliermondii* mampu menghambat *Fusarium solani* dan *Aspergillus niger* dengan daya hambat yang diberikan oleh *Meyerozyma caribbica* 1 terhadap *Fusarium solani* sebesar 29,7% dan *Meyerozyma guilliermondii* terhadap *Aspergillus niger* sebesar 31,7%. Kedua yeast ini mampu menurunkan tingkat kerusakan pada buah *Citrus sinensis* varietas Pacitan dan *Citrus nobilis* varietas Medan masing-masing sebesar 44,4% dan 0% serta mampu menghambat *Fusarium solani* dan *Aspergillus niger* secara langsung melalui mekanisme parasitisme langsung (*direct parasitism*) dengan merusak miselium fungi tersebut yang awalnya berbentuk tabung, kokoh, padat dan memiliki permukaan yang mulus menjadi berkerut, rapuh dan pipih.

#### 5.2. Saran

Saran untuk penelitian berikutnya yaitu:

- 5.2.1. Melakukan identifikasi *mode of action* lain yang dapat dilakukan oleh *Meyerozyma caribbica* 1 dan *Meyerozyma guilliermondii* terhadap *Fusarium solani* dan *Aspergillus niger* dengan berbagai uji tambahan seperti *screening* VOCs, *screening*  $\beta$ -glucanase dan *chitinase*, dan lain-lain;
- 5.2.2. Melakukan uji *in vivo* pada kedua jeruk dengan mengombinasikan *Meyerozyma caribbica* 1 dan *Meyerozyma guilliermondii* atau mikroorganisme lain untuk optimasi penghambatan;
- 5.2.3. Melakukan identifikasi pengaruh penambahan yeast terhadap cita rasa kedua buah jeruk (jeruk fermentasi) dengan cara penambahan yeast secara langsung pada buah atau menggunakan supernatan yeast yang dicampur dengan jus jeruk;
- 5.2.4. Melakukan identifikasi toksin dari fungi apakah disekresi pada saat fungi di buah atau di medium;
- 5.2.5. Melakukan pengaplikasian yeast terlebih dahulu, kemudian disusul dengan fungi;
- 5.2.6. Melakukan pengukuran ketebalan kulit buah jeruk untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan fungi dan yeast; serta
- 5.2.7. Melakukan percobaan pengaplikasian yeast saat masih sebelum dan setelah dipanen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aguirre-Güitrón, L., Calderón-Santoyo, M., Lagarón, J. M., Prieto, C., & Ragazzo-Sánchez, J. A. (2022). Formulation of the biological control yeast *Meyerozyma caribbica* by electrospaying process: effect on postharvest control of anthracnose in mango (*Mangifera indica* L.) and papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(2), 696-706.
- Aini, N., Dwiyantri, H., Setyawati, R., Handayani, I., Septiana, A. T., Sustiawan, B., & Aena, D. A. Q. (2022). Siam orange (*Citrus nobilis* L.) nectar characteristics with variations in stabilizer and sucrose level. *Food Res*, 6(3), 315-323.
- Ali, S. R., Fradi, A. J., & Al-Aaraji, A. M. (2017). Effect of some physical factors on growth of five fungal species. *Eur. Acad. Res*, 2(2), 1069-1078.
- Anith, K. N., Nysanth, N. S., & Natarajan, C. (2021). Novel and rapid agar plate methods for in vitro assessment of bacterial biocontrol isolates' antagonism against multiple fungal phytopathogens. *Letters in Applied Microbiology*, 73(2), 229-236.
- Arinbasarova, A. Y., Medentsev, A. G., & Kozlovskii, A. G. (2007). Effect of quinocitrinines from the fungus *Penicillium citrinum* on the respiration of yeasts and bacteria. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 43(6), 625-628.
- Atolani, O., Adamu, N., Oguntoye, O. S., Zubair, M. F., Fabiyi, O. A., Oyegoke, R. A., Adeyemi, O., Areg, E., Taringha, D., Kambizi, L., & Olatunji, G. A. (2020). Chemical characterization, antioxidant, cytotoxicity, Anti-*Toxoplasma gondii* and antimicrobial potentials of the *Citrus sinensis* seed oil for sustainable cosmeceutical production. *Heliyon*, 6(2), e03399.
- Bautista-Rosales, P. U., Calderon-Santoyo, M., Servín-Villegas, R., Ochoa-Álvarez, N. A., & Ragazzo-Sánchez, J. A. (2013). Action mechanisms of the yeast *Meyerozyma caribbica* for the control of the phytopathogen *Colletotrichum gloeosporioides* in mangoes. *Biological control*, 65(3), 293-301.
- Bento-Silva, A., Koistinen, V. M., Mena, P., Bronze, M. R., Hanhineva, K., Sahlstrøm, S., Kitryté, V., Moco, S., & Aura, A. M. (2020). Factors affecting intake, metabolism and health benefits of phenolic acids: do we understand individual variability?. *European journal of nutrition*, 59(4), 1275-1293.
- Cabañas, C. M., Hernández, A., Martínez, A., Tejero, P., Vázquez-Hernández, M., Martín, A., & Ruiz-Moyano, S. (2020). Control of *Penicillium glabrum* by Indigenous Antagonistic Yeast from Vineyards. *Foods*, 9(12), 1864.
- Capdeville, G. D., Souza Júnior, M. T., Santos, J. R. P., Miranda, S. P., Caetano, A. R., Falcão, R., & Gomes, A. C. M. M. (2007). Scanning electron microscopy of the interaction between *Cryptococcus magnus* and *Colletotrichum gloeosporioides* on papaya fruit. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42, 1537-1544.
- Carreras-Villaseñor, N., Rodríguez-Haas, J. B., Martínez-Rodríguez, L. A., Pérez-Lira, A. J., Ibarra-Laclette, E., Villafán, E., Castillo-Díaz, A., Ibarra-Juárez, L., Carrillo-

- Hernández, E., & Sánchez-Rangel, D. (2022). Characterization of Two *Fusarium solani* Species Complex Isolates from the Ambrosia Beetle *Xylosandrus morigerus*. *Journal of Fungi*, 8(3), 231.
- Chen, P. H., Chen, R. Y., & Chou, J. Y. (2018). Screening and evaluation of yeast antagonists for biological control of *Botrytis cinerea* on strawberry fruits. *Mycobiology*, 46(1), 33-46.
- Chen, O., Yi, L., Deng, L., Ruan, C., & Zeng, K. (2020). Screening antagonistic yeasts against citrus green mold and the possible biocontrol mechanisms of *Pichia galeiformis* (BAF03). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(10), 3812-3821.
- Chhikara, N., Kour, R., Jaglan, S., Gupta, P., Gat, Y., & Panghal, A. (2018). Citrus medica: nutritional, phytochemical composition and health benefits—a review. *Food & function*, 9(4), 1978-1992.
- Choińska, R., Piasecka-Józwiak, K., Chabłowska, B., Dumka, J., & Łukaszewicz, A. (2020). Biocontrol ability and volatile organic compounds production as a putative mode of action of yeast strains isolated from organic grapes and rye grains. *Antonie van Leeuwenhoek*, 113(8), 1135-1146.
- Coradello, G., & Tirelli, N. (2021). Yeast cells in microencapsulation. General features and controlling factors of the encapsulation process. *Molecules*, 26(11), 3123.
- Cordero-Bueso, G., Mangieri, N., Maghradze, D., Foschino, R., Valdetara, F., Cantoral, J. M., & Vigentini, I. (2017). Wild grape-associated yeasts as promising biocontrol agents against *Vitis vinifera* fungal pathogens. *Frontiers in microbiology*, 8, 2025.
- Coutinho, T. C., Ferreira, M. C., Rosa, L. H., de Oliveira, A. M., & de Oliveira Junior, E. N. (2020). *Penicillium citrinum* and *Penicillium mallochii*: New phytopathogens of orange fruit and their control using chitosan. *Carbohydrate Polymers*, 234, 115918.
- Di Francesco, A., Martini, C., & Mari, M. (2016). Biological control of postharvest diseases by microbial antagonists: how many mechanisms of action?. *European Journal of Plant Pathology*, 145(4), 711-717.
- Díaz, M. A., Pereyra, M. M., Picón-Montenegro, E., Meinhardt, F., & Dib, J. R. (2020). Killer yeasts for the biological control of postharvest fungal crop diseases. *Microorganisms*, 8(11), 1680.
- Ferrier, J., Yang, Y., Csetenyi, L., & Gadd, G. M. (2019). Colonization, penetration and transformation of manganese oxide nodules by *Aspergillus niger*. *Environmental microbiology*, 21(5), 1821-1832.
- Hassan, H., Mohamed, M. T. M., Yusoff, S. F., Hata, E. M., & Tajidin, N. E. (2021). Selecting antagonistic yeast for postharvest biocontrol of *Colletotrichum gloeosporioides* in papaya fruit and possible mechanisms involved. *Agronomy*, 11(4), 760.
- Hill, D. S. (2002). Pests: Kingdom Fungi. *Pests of Stored Foodstuffs and Their Control*, 335-339.

- Houbraken, J., Frisvad, J. C., & Samson, R. A. (2011). Taxonomy of *Penicillium* section citrina. *Studies in mycology*, 70, 53-138.
- Iñiguez-Moreno, M., Ragazzo-Sánchez, J. A., Barros-Castillo, J. C., Sandoval-Contreras, T., & Calderón-Santoyo, M. (2020). Sodium alginate coatings added with *Meyerozyma caribbica*: Postharvest biocontrol of *Colletotrichum gloeosporioides* in avocado (*Persea americana* Mill. cv. Hass). *Postharvest Biology and Technology*, 163, 111123.
- Kariodimedjo, P. P., & Satwika, D. (2018). Isolation and Identification of Antagonistic Yeast From Lemon. *Proceeding 2<sup>nd</sup> International Seminar on Natural Resources Biotechnology: From Local to Global* (pp. 85-92). Yogyakarta: Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Kasfi, K., Taheri, P., Jafarpour, B., & Tarighi, S. (2018). Characterization of antagonistic microorganisms against *Aspergillus* spp. from grapevine leaf and berry surfaces. *Journal of Plant Pathology*, 100(2), 179-190.
- Khunnamwong, P., Lertwattanasakul, N., Jindamorakot, S., Suwannarach, N., Matsui, K., & Limtong, S. (2020). Evaluation of antagonistic activity and mechanisms of endophytic yeasts against pathogenic fungi causing economic crop diseases. *Folia microbiologica*, 65, 573-590.
- Klassen, R., Schaffrath, R., Buzzini, P., & Ganter, P. F. (2017). Antagonistic interactions and killer yeasts. *Yeasts in natural ecosystems: ecology*, 229-275.
- Klimek-Szczykutowicz, M., Szopa, A., & Ekiert, H. (2020). *Citrus limon* (Lemon) phenomenon—a review of the chemistry, pharmacological properties, applications in the modern pharmaceutical, food, and cosmetics industries, and biotechnological studies. *Plants*, 9(1), 119.
- Kumar, A., & Kudachikar, V. B. (2018). Antifungal properties of essential oils against anthracnose disease: a critical appraisal. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125(2), 133-144.
- Laksmana, L. T. (2021). *Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis terhadap Fungi Penyebab Kerusakan Buah Citrus sinensis*. Yogyakarta: Universitas Kristen Duta Wacana.
- Letaief, H., Zemni, H., Mliki, A., & Chebil, S. (2016). Composition of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv «Maltaise demi-sanguine» juice. A comparison between organic and conventional farming. *Food Chemistry*, 194, 290-295.
- Ling, L., Li, Z., Jiao, Z., Zhang, X., Ma, W., Feng, J., Zhang, J., & Lu, L. (2019). Identification of novel endophytic yeast strains from tangerine peel. *Current Microbiology*, 76(9), 1066-1072.
- Liu, J., Sui, Y., Wisniewski, M., Droby, S., & Liu, Y. (2013). Utilization of antagonistic yeasts to manage postharvest fungal diseases of fruit. *International journal of food microbiology*, 167(2), 153-160.



- Liu, S., Li, J., Zhang, Y., Liu, N., Viljoen, A., Mostert, D., Zuo, C., Hu, C., Bi, F., Gao, H., Sheng, O., Deng, G., Yang, Q., Dong, T., Dou, T., Yi, G., Ma, L., & Li, C. (2020). Fusaric acid instigates the invasion of banana by *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense TR 4. *New Phytologist*, 225(2), 913-929.
- Liu, Y., Yao, S., Deng, L., Ming, J., & Zeng, K. (2019). Different mechanisms of action of isolated epiphytic yeasts against *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* on citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 152, 100-110.
- Magallon-Andalon, C. G., Luna-Solano, G., Ragazzo-Sanchez, J. A., & Calderon-Santoyo, M. (2012). Parasitism and substrate competitions effect of antagonistic yeasts for biocontrol of *Colletotrichum gloeosporioides* in papaya (*Carica papaya* L.) var Maradol. *Mex. J. Sci. Res*, 1, 2-9.
- Magan, N., & Olsen, M. (Eds.). (2004). *Mycotoxins in food: detection and control*. Woodhead Publishing.
- Mikušová, P., Caboň, M., Melichárková, A., Urík, M., Ritieni, A., & Slovák, M. (2020). Genetic diversity, ochratoxin A and fumonisin profiles of strains of *Aspergillus* section Nigri isolated from dried vine fruits. *Toxins*, 12(9), 592.
- Mincuzzi, A., Sanzani, S. M., Palou, L., Ragni, M., & Ippolito, A. (2022). Postharvest Rot of Pomegranate Fruit in Southern Italy: Characterization of the Main Pathogens. *Journal of Fungi*, 8(5), 475.
- Nasirifar, S. Z., Maghsoudlou, Y., & Oliyaei, N. (2018). Effect of active lipid-based coating incorporated with nanoclay and orange peel essential oil on physicochemical properties of *Citrus sinensis*. *Food Science & Nutrition*, 6(6), 1508-1518.
- Nawaz, R., Abbasi, N. A., Hafiz, I. A., & Khalid, A. (2019). Color-break effect on Kinnow (*Citrus nobilis* Lour x *Citrus deliciosa* Tenora) fruit's internal quality at early ripening stages under varying environmental conditions. *Scientia Horticulturae*, 256, 108514.
- Nguyen, H. N., Chaves-Lopez, C., Oliveira, R. C., Paparella, A., & Rodrigues, D. F. (2019). Cellular and metabolic approaches to investigate the effects of graphene and graphene oxide in the fungi *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger*. *Carbon*, 143, 419-429.
- Pariona, N., Mtz-Enriquez, A. I., Sánchez-Rangel, D., Carrión, G., Paraguay-Delgado, F., & Rosas-Saito, G. (2019). Green-synthesized copper nanoparticles as a potential antifungal against plant pathogens. *RSC advances*, 9(33), 18835-18843.
- Pereyra, M. M., Diaz, M. A., Soliz-Santander, F. F., Poehlein, A., Meinhardt, F., Daniel, R., & Dib, J. R. (2021). Screening methods for isolation of biocontrol epiphytic yeasts against *Penicillium digitatum* in lemons. *Journal of Fungi*, 7(3), 166.
- Perez, M. F., Contreras, L., Garnica, N. M., Fernández-Zenoff, M. V., Farías, M. E., Sepulveda, M., Ramallo, J., & Dib, J. R. (2016). Native killer yeasts as biocontrol agents of postharvest fungal diseases in lemons. *PLoS one*, 11(10), e0165590.
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and food spoilage* (Vol. 519, p. 388). New York: Springer.

- Qiu, J. E., Zhao, L., Jiang, S., Godana, E. A., Zhang, X., & Zhang, H. (2022). Efficacy of *Meyerozyma caribbica* in the biocontrol of blue mold in kiwifruit and mechanisms involved. *Biological Control*, 173, 105000.
- Ririassa, V. E. (2021). *Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis terhadap Fungi Patogen Penyebab Kerusakan pada Buah Citrus nobilis*. Yogyakarta: Universitas Kristen Duta Wacana.
- Rodrigues, I. V. Pimentel, Assunção Borges, K. R., da Cruz, N., Teles, A. M., Neto da Silva, M. A. C., de Nazaré Silva Alves, R., de Andrade, M., Khayat, A., Pinho, J., Vale, A., Guimarães, S., Ruiz, C., do Desterro Soares Brandão Nascimento, M., Felipa de, G., & de Barros Bezerra, G. F. (2020). Biosynthesis and chemical characterization of an intracellular red pigment of *Talaromyces islandicus* T101. *bioRxiv*, 2020-06.
- Saleh, I., & Abu-Dieyeh, M. H. (2021). Novel *Prosopis juliflora* leaf ethanolic extract as natural antimicrobial agent against food spoiling microorganisms. *Scientific Reports*, 11(1), 1-17.
- Samson, R. A., Yilmaz, N., Houbraken, J., Spierenburg, H., Seifert, K. A., Peterson, S. W., ... & Frisvad, J. C. (2007). Phylogeny and nomenclature of the genus *Talaromyces* and taxa accommodated in *Penicillium* subgenus *Biverticillium*. *Studies in mycology*, 59(1), v-v.
- Satwika, D., Permatasari, V. R. A., & Cahyani, G. E. N. (2021, August). A Potential Yeast Strains for Biological Control of Mosquitoes. In *10th International Seminar and 12th Congress of Indonesian Society for Microbiology (ISISM 2019)* (pp. 119-125). Atlantis Press.
- Sadhasivam, S., Barda, O., Zakin, V., Reifen, R., & Sionov, E. (2021). Rapid Detection and Quantification of Patulin and Citrinin Contamination in Fruits. *Molecules*, 26(15), 4545.
- Schubert, M., Fink, S., & Schwarze, F. W. (2008). In vitro screening of an antagonistic *Trichoderma* strain against wood decay fungi. *Arboricultural Journal*, 31(4), 227-248.
- Shamloo, M. M., Sharifani, M., Daraei Garmakhany, A., & Seifi, E. (2015). Alternation of secondary metabolites and quality attributes in Valencia Orange fruit (*Citrus sinensis*) as influenced by storage period and edible covers. *Journal of food science and technology*, 52(4), 1936-1947.
- Singh, J., & Faull, J. L. (2020). Antagonism and biological control. In *Biocontrol of plant diseases* (pp. 167-177). CRC Press.
- Sova, M., & Saso, L. (2020). Natural sources, pharmacokinetics, biological activities and health benefits of hydroxycinnamic acids and their metabolites. *Nutrients*, 12(8), 2190.
- Sperandio, E. M., do Vale, H. M. M., & Moreira, G. A. M. (2015). Yeasts from native Brazilian Cerrado plants: Occurrence, diversity and use in the biocontrol of citrus green mould. *Fungal biology*, 119(11), 984-993.

- Sun, C., Huang, Y., Lian, S., Saleem, M., Li, B., & Wang, C. (2021). Improving the biocontrol efficacy of *Meyerozyma guilliermondii* Y-1 with melatonin against postharvest gray mold in apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *171*, 111351.
- Taylor, J. W., Turner, E., Townsend, J. P., Dettman, J. R., & Jacobson, D. (2006). Eukaryotic microbes, species recognition and the geographic limits of species: examples from the kingdom Fungi. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *361*(1475), 1947-1963.
- Tournas, V. H., & Katsoudas, E. (2005). Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits. *International journal of food microbiology*, *105*(1), 11-17.
- Varga, J., Baranyi, N., Chandrasekaran, M., Vágvölgyi, C., & Kocsubé, S. (2015). Mycotoxin producers in the *Aspergillus* genus: An update. *Acta Biologica Szegediensis*, *59*(2), 151-167.
- Yan, Y., Zhang, X., Zheng, X., Apaliya, M. T., Yang, Q., Zhao, L., Gu, X., & Zhang, H. (2018). Control of postharvest blue mold decay in pears by *Meyerozyma guilliermondii* and its effects on the protein expression profile of pears. *Postharvest biology and technology*, *136*, 124-131.
- Zhang, D., Spadaro, D., Garibaldi, A., & Gullino, M. L. (2011). Potential biocontrol activity of a strain of *Pichia guilliermondii* against grey mold of apples and its possible modes of action. *Biological control*, *57*(3), 193-201.
- Zhang, X., Li, B., Zhang, Z., Chen, Y., & Tian, S. (2020). Antagonistic yeasts: a promising alternative to chemical fungicides for controlling postharvest decay of fruit. *Journal of Fungi*, *6*(3), 158.

