



The Ability of Three Species of Yeast in Inhibiting the *in vitro* Growth of *Sclerotium rolfsii* Sacc., the cause of damping off on soybean plants (*Glycine max* L.)

Sri Hartati^{1*}, Cahya Setiani², Rika Meliansyah¹, Endah Yulia¹, & Tri Mayanti³

¹Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran

²Agrotechnology Program Study, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran

³Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, West Java, Indonesia, 45363

*Corresponding Author: s.hartati@unpad.ac.id

Received September 24, 2024; revised November 05, 2024; accepted December 02, 2024

ABSTRACT

Damping off disease caused by *Sclerotium rolfsii* is one of the important diseases of soybean plants. Biocontrol is considered as more environmentally friendly control method. Yeast is one of the biocontrol agents that can be used to control plant pathogens. This study was objected to test the potential of three species of yeast in inhibiting the growth of *S. rolfsii*. The experiment was arranged in the completely randomized design. The treatments were dual culture of the pathogen vs the yeasts on PDA and double dishes of *S. rolfsii* against three yeast isolates i.e. *Rhodotorula minuta* Dmg 16 BEP, *Candida tropicalis* Lm 13 BE, *Aureobasidium pullulans* Dmg 11 DEP, and a control. The results of the dual culture antagonism test showed that the three tested yeasts could inhibit the colony diameter of *S. rolfsii* by 23.30% – 40.00%, and the sclerotia formation by 46,33% – 98,05%. The results of the double dishes antagonism test showed that the three tested yeast isolates could inhibit the colony diameter of *S. rolfsii* by 19.60% – 28.20% and could inhibit 100% of sclerotia formation. The treatment of *A. pullulans* Dmg 11 DEP produced the highest inhibition in both the dual culture and double dishes antagonism tests.

Keywords: *Aureobasidium pullulans*, Biocontrol, Double dish system, Dual culture, Sclerotia

Kemampuan Tiga Spesies Khamir dalam Menghambat Pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* Sacc. Penyebab Penyakit Rebah Semai pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) secara *In Vitro*

ABSTRAK

Penyakit rebah semai yang disebabkan oleh *Sclerotium rolfsii* merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman kedelai. Salah satu pengendalian yang dapat dilakukan untuk mengendalikan penyakit ini adalah dengan biokontrol. Khamir merupakan salah satu agens biokontrol yang dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menguji potensi tiga spesies khamir dalam menghambat pertumbuhan *S. rolfsii*. Percobaan dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan berupa spesies khamir terdiri dari khamir *Rhodotorula minuta* Dmg 16 BEP, *Candida tropicalis* Lm 13 BE, *Aureobasidium pullulans* Dmg 11 DEP, dan kontrol. Percobaan dilakukan secara *in vitro* dengan metode *dual culture* antara patogen *S. rolfsii* versus khamir antagonis dan *double dish system* dengan cara menangkupkan dua cawan petri yang berisi *S. rolfsii* dan khamir antagonis. Hasil percobaan uji antagonisme *dual culture* menunjukkan bahwa khamir yang diuji dapat menghambat pertumbuhan koloni *S. rolfsii* dengan nilai hambatan sebesar 23,30% – 40,00%, dan dapat menghambat pembentukan sklerotia *S. rolfsii* dengan nilai hambatan sebesar 46,33% – 98,05%. Hasil percobaan uji antagonisme *double dish system* menunjukkan bahwa khamir yang diuji dapat menghambat pertumbuhan koloni *S. rolfsii* dengan nilai hambatan sebesar 19,60% – 28,20% dan dapat menghambat pembentukan sklerotia *S. rolfsii* dengan nilai hambatan sebesar 100%. Perlakuan khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP menghasilkan penghambatan tertinggi baik pada uji antagonisme *dual culture* maupun uji antagonisme *double dish system*.

Kata Kunci: *Aureobasidium pullulans*, Biokontrol, Double dish system, Dual culture, Sklerotia

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* L.) merupakan salah satu komoditas pangan nasional yang berperan penting setelah padi dan jagung. Kedelai termasuk dalam famili Leguminosae yang merupakan tanaman semusim. Kedelai memiliki kandungan protein yang cukup

tinggi. Kadar protein pada kedelai mencapai 40% lebih tinggi dibandingkan jenis kacang-kacangan lain yang hanya berkisar antara 20% – 25% (Khoerunnisa, 2018). Produksi kedelai nasional pada tahun 2023 sebesar 349.099 ton (DJTP, 2024), sedangkan kebutuhan kedelai pada tahun tersebut, yaitu sekitar 2,7 juta ton

(BSIP, 2023). Rendahnya produksi tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya serangan organisme pengganggu tanaman (OPT).

Salah satu OPT yang dapat menurunkan produksi kedelai adalah patogen. Patogen dapat mengakibatkan kerugian ekonomis karena menyebabkan kualitas dan kuantitas hasil panen yang rendah. *Sclerotium rolfsii* merupakan salah satu patogen yang dapat menyebabkan busuk akar dan busuk batang pada tanaman kedelai pada fase perkecambahan. Infeksi jamur *S. rolfsii* dapat menyebabkan kerugian hingga 100% dan menjadi masalah serius pada tanaman kedelai (Setiawan, 2014). Gejala penyakit yang disebabkan oleh jamur *S. rolfsii* ditandai dengan lapisan cokelat gelap yang terdapat pada batang atau bagian bawah batang dekat permukaan tanah yang disebut penyakit rebah kecambah (Setiawan, 2014). Jamur *S. rolfsii* biasanya menginfeksi saat perkecambahan atau persemaian dan dalam keadaan yang sangat lembab dapat menyerang daun, tangkai dan polong.

Pengendalian terhadap *S. rolfsii* yang sering dilakukan adalah menggunakan fungisida sintetik. Akan tetapi, penggunaan fungisida sintetik dapat menimbulkan dampak negatif. Dampak negatif akibat fungisida sintetik di antaranya adalah patogen menjadi resisten (Dwiastuti *et al.*, 2021; Hendriadi *et al.*, 2021; Idris *et al.*, 2023; Zhou *et al.*, 2015;). Salah satu alternatif pengendalian penyakit yang ramah lingkungan adalah dengan menggunakan agens biokontrol. Cara pengendalian ini telah banyak dilaporkan efektif untuk mengendalikan penyakit tanaman. Salah satu mikroba yang berpotensi sebagai agens biokontrol adalah khamir. Khamir sebagai agens biokontrol bekerja dengan beberapa mekanisme pengendalian seperti hiperparasitisme, antibiosis, induksi resistensi, dan kompetisi ruang dan nutrisi (Kowalska *et al.* 2022).

Khamir merupakan mikroba kelompok jamur yang uniseluler. Beberapa khamir telah dilaporkan mampu menekan beberapa patogen penyebab penyakit tanaman melalui uji antagonisme dengan metode *dual culture* dan *double dish system* (Adhi & Suganda, 2020; Ruiz-Moyano *et al.*, 2020). Metode *dual culture* merupakan pengujian antagonisme untuk melihat kemampuan agens biokontrol dalam menekan patogen secara langsung dengan menumbuhkan agens biokontrol tersebut pada media di cawan Petri yang sama dengan patogen (Raspor *et al.*, 2010). Metode *double dish system* merupakan metode pengujian antagonisme untuk melihat kemampuan agens biokontrol dalam menghasilkan senyawa volatil yang berperan sebagai antijamur yaitu dengan menumbuhkan agens biokontrol pada media di cawan Petri yang berbeda dengan patogen (Huang *et al.*, 2011; Ruiz-Moyano *et al.*, 2020).

Khamir *Rhodotorula minuta* Dmg 16 BEP mampu menekan pertumbuhan *Alternaria solani* penyebab penyakit bercak coklat pada tomat secara *in vitro* menggunakan metode *dual culture* dan *double*

dish system (Setiawan *et al.*, 2020). Khamir *Candida tropicalis* dapat menekan pertumbuhan koloni *Colletotrichum gloeosporioides* dan *Diplodia natalensis* penyebab busuk buah mangga pascapanen secara *in vitro* menggunakan metode *double dish system* (Sriram & Poornachandra, 2013). Khamir *Aureobasidium pullulans* juga dilaporkan dapat menghambat pertumbuhan *Phytophthora cactorum* dan *Botrytis cinerea* penyebab busuk batang, busuk akar, dan *grey mold* pada tanaman stroberi secara *in vitro* melalui senyawa volatil khamir dengan menggunakan metode *double dish system* (Iqbal *et al.*, 2021).

Tiga spesies khamir yaitu *R. minuta* isolat Dmg 16 BEP, *C. tropicalis* isolat Lm 13 BE, dan *A. pullulans* isolat Dmg 11 DEP yang telah diisolasi dari buah dan daun cabai juga telah dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan beberapa patogen secara *in vitro*, baik menggunakan metode *dual culture* maupun *double dish system* (Hartati *et al.*, 2022; Nasahi *et al.*, 2023). Akan tetapi, kemampuan ketiga khamir tersebut dalam menghambat pertumbuhan *S. rolfsii* penyebab penyakit rebah semai pada tanaman kedelai belum diujicobakan. Artikel ini merupakan hasil pengujian yang sudah dilakukan tentang kemampuan khamir *R. minuta* isolat Dmg 16 BEP, *C. tropicalis* isolat Lm 13 BE, dan *A. pullulans* isolat Dmg 11 DEP dalam menghambat pertumbuhan *S. rolfsii* penyebab penyakit rebah semai pada tanaman kedelai.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Percobaan

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Proteksi Tanaman, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran dari bulan Juni sampai September 2023.

Rancangan Percobaan dan Perlakuan

Percobaan dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pengujian secara *in vitro* yang terdiri atas empat perlakuan dan lima ulangan. Pengujian *in vitro* tersebut dilakukan dengan metode *dual culture* dan *double dish system*. Perlakuan tersebut terdiri atas khamir *R. minuta* isolat Dmg 16 BEP, *C. tropicalis* isolat Lm 13 BE, *A. pullulans* isolat Dmg 11 DEP, dan Kontrol (tanpa perlakuan khamir).

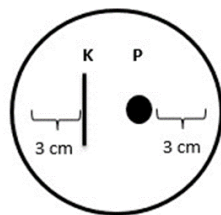
Persiapan Percobaan

Khamir yang digunakan merupakan koleksi Laboratorium Bioteknologi Proteksi Tanaman yang, sedangkan jamur *S. rolfsii* merupakan koleksi Laboratorium Fitopatologi Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Khamir yang digunakan tersebut diperoleh dari tanaman cabai dan telah diidentifikasi oleh Sri Hartati pada penelitian sebelumnya, sedangkan *S. rolfsii* diperoleh dari akar tanaman kedelai dari daerah Jatinangor. Perbanyakkan khamir

pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dilakukan dengan cara menggoreskan suspensi khamir ke permukaan media agar. Perbanyak jamur *S. rolfsii* dilakukan pada media PDA. Jamur ini diperbanyak dengan menumbuhkan potongan koloni dari biakan murni berumur 7 hari dengan ukuran 0,5 cm dan diinkubasi pada suhu ruang.

Uji Penghambatan Pertumbuhan *S. rolfsii* oleh Khamir dengan Metode *Dual Culture*

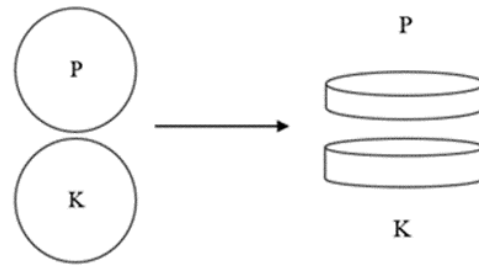
Uji penghambatan koloni *S. rolfsii* dilakukan dengan metode *dual culture* berdasarkan Raspor *et al.* (2010). Pengujian ini dilakukan dengan menumbuhkan *S. rolfsii* dan khamir dalam satu cawan Petri yang berisi media PDA. Potongan koloni *S. rolfsii* dengan diameter 0,5 cm diletakkan pada permukaan media PDA dalam cawan Petri berdiameter 9 cm dengan jarak ± 3 cm dari tepi cawan. Khamir digoreskan sepanjang 3 cm pada permukaan media PDA dengan jarak ± 3 cm dari koloni *S. rolfsii* (Gambar 1). Pada perlakuan kontrol, potongan koloni *S. rolfsii* diletakkan di tengah cawan petri pada media PDA tanpa digoreskan khamir. Perlakuan diinkubasi selama 14 hari hingga biakan *S. rolfsii* membentuk sklerotia. Perlakuan diinkubasi selama 14 hari hingga biakan *S. rolfsii* membentuk sklerotia.



Gambar 1. Skema uji antagonisme *dual culture* khamir (K) terhadap patogen *S. rolfsii* (P)

Uji Penghambatan Pertumbuhan *S. rolfsii* oleh Khamir dengan Metode *Double Dish System*

Uji penghambatan koloni *S. rolfsii* oleh khamir dengan menggunakan metode *double dish system* dilakukan berdasarkan Ruiz-Moyano *et al.* (2020). Pengujian antagonisme dengan metode *double dish system* dilakukan untuk melihat kemampuan khamir dalam menghasilkan senyawa volatil yang berperan sebagai antijamur. Pengujian tersebut dilakukan dengan cara menggoreskan 1 lup ose khamir pada media PDA di cawan Petri dan menumbuhkan *S. rolfsii* dengan diameter 0,5 cm pada cawan Petri yang berbeda. Selanjutnya, dua cawan Petri tersebut ditangkupkan satu sama lain, cawan Petri yang berisi khamir diletakkan di bawah cawan Petri berisi *S. rolfsii* (Gambar 2). Pada perlakuan kontrol, *S. rolfsii* ditumbuhkan dengan diameter 0,5 cm dan ditangkupkan dengan cawan Petri yang berisi PDA tanpa khamir. Perlakuan diinkubasi selama 14 hari hingga biakan *S. rolfsii* membentuk sklerotia.



Gambar 2. Skema uji antagonisme *double dish system* (K: khamir, P: patogen)

Variabel Pengamatan dan Analisis Data

Variabel yang diamati pada uji *dual culture* dan *double dish system* adalah luas koloni jamur *S. rolfsii*. Pengamatan luas koloni *S. rolfsii* dilakukan hingga koloni *S. rolfsii* pada kontrol memenuhi cawan Petri. Luas koloni *S. rolfsii* diukur dengan menggunakan *software ImageJ Latest* versi 2024. Nilai penghambatan pertumbuhan *S. rolfsii* oleh khamir dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{L_k - L_p}{L_k} \times 100\% \quad \dots (1)$$

Keterangan:

P = Penghambatan; L_k = Luas koloni *S. rolfsii* pada kontrol; L_p = Luas koloni *S. rolfsii* pada perlakuan.

Selain luas koloni *S. rolfsii*, variabel lain yang diamati adalah jumlah sklerotia dan kerusakan hifa *S. rolfsii* dari pengujian menggunakan metode *dual culture* dan *double dish system* setelah diinkubasi selama 14 hari. Jumlah sklerotia dihitung pada setiap cawan Petri baik pada uji *dual culture* maupun *double dish system*. Nilai penghambatan pembentukan sklerotia dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{J_k - J_p}{J_k} \times 100\% \quad \dots (2)$$

Keterangan:

P = Penghambatan;

J_k = Jumlah sklerotia *S. rolfsii* pada kontrol;

J_p = Jumlah sklerotia *S. rolfsii* pada perlakuan.

Kerusakan hifa *S. rolfsii* diamati secara mikroskopis di bawah mikroskop. Pengamatan dilakukan dengan mengamati miselium di daerah zona hambat patogen pada hasil uji metode *dual culture*. Kerusakan hifa juga diamati secara mikroskopis pada hasil uji metode *double dish system*. Pengamatan juga dilakukan terhadap abnormalitas hifa jamur baik pada hasil uji metode *dual culture* maupun metode *double dish system*. Nilai penghambatan pada uji *dual culture* dan *double dish system* diklasifikasikan ke dalam kategori *Anti-Fungal Activity* (AFA) yang mengacu pada Mori *et al.* (1997) (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi tingkat *Anti-Fungal Activity* (AFA) berdasarkan Mori *et al.* (1997)

<i>Anti-Fungal Activity</i> (AFA) (%)	Tingkat aktivitas
$AFA \geq 75\%$	Sangat kuat
$75\% \leq AFA < 50\%$	Kuat
$50\% \leq AFA < 25\%$	Sedang
$25\% \leq AFA < 0$	Lemah
0	Tidak aktif

Data yang diperoleh diuji normalitasnya, selanjutnya dianalisis menggunakan analisis ragam (Anova) menggunakan program SPSS versi 26.0, dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5% setelah data menjadi normal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan Khamir dalam Menghambat Pertumbuhan *S. rolfii* dengan Metode *Dual Culture*

Hasil uji antagonisme khamir terhadap *S. rolfii* dengan metode *dual culture* menunjukkan bahwa ketiga khamir yang diuji dapat menghambat pertumbuhan koloni *S. rolfii* (Tabel 2). Daya hambat dari ketiga khamir tersebut terhadap pertumbuhan koloni *S. rolfii* berkisar antara 50,80% – 63,25% (Tabel 2). Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan pengaruh khamir *Aureobasidium*, *Candida*, dan *Rhodotorula* dalam menghambat pertumbuhan koloni beberapa patogen. Intan dkk. (2014) melaporkan bahwa khamir *Rhodotorula* sp. mampu menekan pertumbuhan *Mycosphaerella musicola* penyebab penyakit bercak kuning sigatoka sebesar 45,96%; Tongsri *et al.* (2022) melaporkan bahwa *Candida utilis* SCKU1 mampu menekan pertumbuhan koloni *Lasioidiplodia pseudotheobromae* DL1 penyebab busuk buah durian sebesar 49,1%, dan Podgórska-Kryszczuk (2023) melaporkan bahwa *Aureobasidium pullulans* ZD1 mampu menekan pertumbuhan koloni *Aspergillus flavus* sebesar 63,05%.

Tabel 2. Pengaruh perlakuan khamir terhadap koloni *S. rolfii* dan daya hambatnya pada uji antagonisme dengan metode *dual culture* 5 hari setelah perlakuan (HSP)

Perlakuan	Luas koloni <i>S. rolfii</i> (cm ²) ± SD	Penghambatan (%)	<i>Anti-Fungal Activity</i> (AFA)
<i>Rhodotorula minuta</i> Dmg 16 BEP	31,3 ± 4,54 b	50,80	Kuat
<i>Candida tropicalis</i> Lm 13 BE	28,3 ± 14,84 bc	55,55	Kuat
<i>Aureobasidium pullulans</i> Dmg 11 DEP	21,1 ± 8,99 c	63,25	Kuat
Kontrol	63,6 ± 0,00 a	-	-

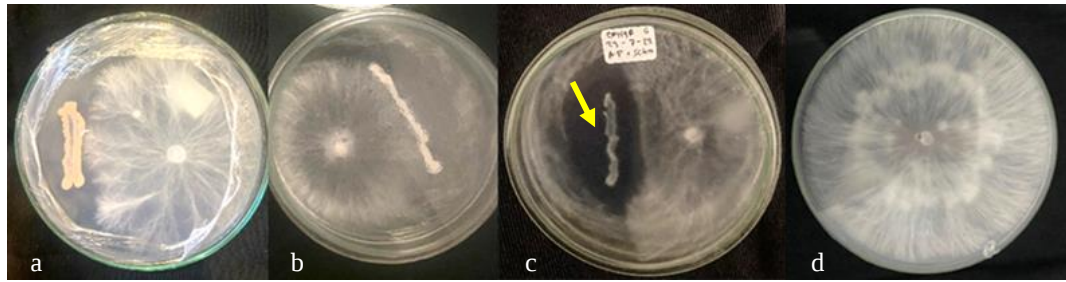
Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%. SD : Standar Deviasi. Kriteria AFA sesuai menurut Mori *et al.* (1997).

Berdasarkan Mori *et al.* (1997) tingkat antijamur dari ketiga khamir yang diuji yaitu *R. minuta* Dmg 16 BEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE, dan *A. pullulans* Dmg 11 DEP memiliki kategori penghambatan yang kuat terhadap pertumbuhan koloni jamur *S. rolfii* pada pengujian *dual culture* (Tabel 2). Penghambatan yang terjadi pada pertumbuhan koloni *S. rolfii* diduga diakibatkan oleh adanya mekanisme antibiosis dari ketiga khamir tersebut. Khamir yang termasuk dalam genus *Aureobasidium*, *Candida*, dan *Rhodotorula* telah dilaporkan mampu menghasilkan enzim, toksin, dan senyawa volatil yang berperan dalam mekanisme antibiosis (Prasongsuk *et al.*, 2018; Di Francesco *et al.*, 2020; Cai *et al.*, 2023). Enzim yang dihasilkan oleh khamir dapat menyebabkan lisisnya dinding sel jamur. Beberapa peneliti melaporkan enzim litik yang dihasilkan oleh khamir seperti *C. tropicalis*, *A. pullulans*, serta *R. minuta* mampu menghambat pertumbuhan koloni jamur patogen (Ferraz *et al.*, 2016; Urbina *et al.*, 2016; Pinto *et al.*, 2018; Podgórska-Kryszczuk, 2023).

Khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP memiliki efek penghambatan tertinggi terhadap pertumbuhan koloni *S. rolfii* dibandingkan dengan dua perlakuan khamir lainnya (Tabel 2). Beberapa peneliti

melaporkan bahwa khamir *A. pullulans* memiliki kemampuan sebagai agens biokontrol yang sangat baik karena mampu menghasilkan enzim kitinase, β -1,3-glukanase, dan protease, serta toksin (Freimoser *et al.*, 2019; Di Francesco *et al.*, 2020; Podgórska-Kryszczuk, 2023). Khamir *A. pullulans* dilaporkan juga dapat menghasilkan enzim amilase, proteinase, lipase, selulase, xilanase, mannanase, transferase, pullulan, dan siderofor (Wang *et al.*, 2022). Khamir *A. pullulans* dilaporkan dapat menghambat pertumbuhan koloni *Penicillium digitatum* DSM2750 sebesar 74,7% secara *in vitro* menggunakan metode *dual culture* (Agirman & Erten, 2020).

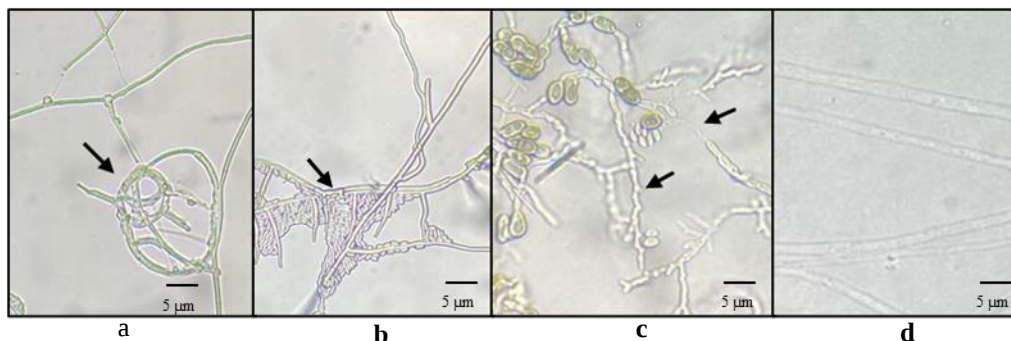
Hasil pengujian kemampuan khamir dalam menekan pertumbuhan koloni *S. rolfii* secara *in vitro* dengan metode *dual culture* juga menunjukkan adanya zona hambat yang terbentuk di sekitar khamir yaitu pada perlakuan khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP (Gambar 1c). Terbentuknya zona hambat diduga akibat dari enzim, senyawa toksin, atau senyawa volatil yang dihasilkan oleh khamir (Don *et al.*, 2021; Freimoser *et al.* 2019; Di Francesco *et al.*, 2020). Khamir *A. pullulans* dilaporkan mampu menghasilkan zona hambat pada uji *in vitro* terhadap jamur *Diplodia seriata* (Pinto *et al.*, 2018).



Gambar 1. Pertumbuhan koloni *S. rolfii* pada perlakuan khamir dan kontrol dengan metode pengujian *dual culture* pada 5 hsp (a) perlakuan *R. minuta* Dmg 16 BEP, (b) perlakuan *C. tropicalis* Lm 13 BE, (c) perlakuan *A. pullulans* Dmg 11 DEP, (d) kontrol (Tanda panah menunjukkan zonaambat).

Hasil pengamatan secara mikroskopis antara khamir dengan jamur *S. rolfii* menunjukkan bahwa ketiga khamir menempel pada hifa *S. rolfii* (Gambar 2). Hasil pengamatan tersebut juga menunjukkan bahwa hifa *S. rolfii* menjadi abnormal seperti menggulung (Gambar 2a), mengeriting (Gambar 2b), serta mengeriting dan lisis (Gambar 2c). Perubahan struktur hifa tersebut diduga akibat dari sel khamir yang menempel pada permukaan hifa sehingga terjadi mikolisis oleh sintesis enzim seperti kitinase, glukonase, serta *killer toxin* yang dihasilkan oleh sel khamir (Freimoser *et al.* 2019; Don *et al.*, 2021; Di Francesco *et al.*, 2020). *Killer toxin* yang dihasilkan

oleh khamir mampu melisis dinding sel hifa jamur hingga menyebabkan pertumbuhannya menjadi terhambat (Diaz *et al.*, 2020). Menempelnya sel mikrob pada permukaan hifa merupakan faktor yang dapat menimbulkan terjadinya kompetisi nutrisi, lisis serta abnormalitas hifa (Chaurasia *et al.*, 2005). Adanya kontak sel khamir pada hifa *S. rolfii* mengakibatkan permukaan hifa jamur yang berguna untuk menyerap nutrisi menjadi berkurang (Janisiewicz & Korsten, 2002). Hal ini sejalan dengan hasil uji antagonisme *dual culture* yang menunjukkan bahwa pertumbuhan jamur *S. rolfii* menjadi terhambat akibat perlakuan khamir.



Gambar 2. Kondisi hifa *S. rolfii* pada perlakuan khamir dengan metode *dual culture* (a) menggulung, (b) menebal (c) mengeriting dan lisis, (d) normal tanpa perlakuan khamir (Perbesaran 400x).

Hasil uji antagonisme khamir terhadap *S. rolfii* dengan metode *dual culture* juga menunjukkan bahwa ketiga khamir yang diuji dapat menghambat pembentukan sklerotia *S. rolfii* dengan nilai daya hambat berkisar antara 46,33% – 98,05% (Tabel 3). Khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP memiliki pengaruh penghambatan tertinggi terhadap pembentukan sklerotia *S. rolfii* dibandingkan dengan dua perlakuan khamir lainnya. Berdasarkan kategori tingkat aktivitas antijamur (Mori *et al.*, 1997) perlakuan *R. minuta* Dmg 16 BEP memiliki efek penghambatan kuat, perlakuan *C. tropicalis* Lm 13 BE memiliki efek penghambatan sedang dan perlakuan *Aureobasidium pullulans* Dmg 11 DEP memiliki efek penghambatan yang sangat kuat terhadap pembentukan sklerotia jamur *S. rolfii*.

Pada pengujian *dual culture*, tampak adanya penekanan jumlah sklerotia *S. rolfii* pada perlakuan khamir. Pada perlakuan kontrol, sklerotia banyak

diproduksi oleh jamur *S. rolfii* dan tersebar di seluruh permukaan biakan, sementara pada perlakuan khamir produksi sklerotia *S. rolfii* tampak terhambat (Gambar 3). Hal ini diduga karena senyawa metabolit primer dan sekunder seperti enzim, *killer toxin*, dan senyawa volatil yang dihasilkan oleh khamir menyebabkan kerusakan pada hifa jamur (Haggag & Mohamed, 2007; Don *et al.*, 2021; Diaz *et al.*, 2020). Kerusakan hifa tersebut menyebabkan terhambatnya pertumbuhan hifa, sehingga menyebabkan terhambatnya pembentukan sklerotia. Hal ini memiliki korelasi karena sklerotia merupakan kumpulan miselium yang memadat. Amanupunyo *et al.* (2021) menyatakan bahwa *S. rolfii* tidak mampu menghasilkan sklerotia lebih awal ketika jamur tersebut mengalami stress atau tertekan karena hifa mengalami perubahan atau abnormal.

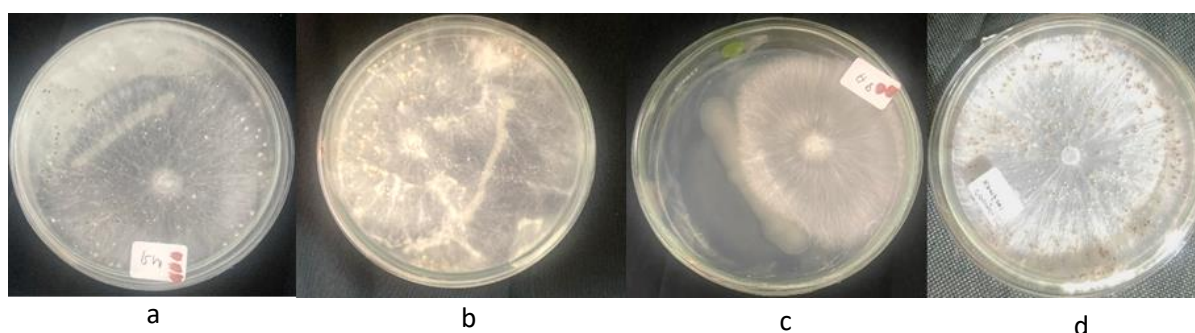
Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa pada 14 HSP pertumbuhan koloni *S. rolfii* melampaui koloni khamir dan sklerotia dapat terbentuk (Gambar 3a dan 3b). Kondisi ini diduga karena khamir bersifat fungistatik yaitu mampu menghambat pertumbuhan

jamur namun tidak mematikannya. Efek fungistatik dapat disebabkan karena adanya senyawa metabolit yang dihasilkan oleh khamir seperti senyawa volatil, siderophores atau senyawa toksik lainnya (Haggag & Mohamed, 2007; Don *et al.*, 2021; Diaz *et al.*, 2020).

Tabel 3. Jumlah sklerotia yang dihasilkan dan daya hambat pembentukan sklerotia *S. rolfii* pada uji antagonisme khamir dengan metode *dual culture* pada 14 HSP

Perlakuan	Jumlah sklerotia <i>S. rolfii</i> ± SD	Pengambatan (%)	Anti-Fungal Activity (AFA)
<i>Rhodotorula minuta</i> Dmg 16 BEP	97,8b ± 100,38 bc	56,84	Kuat
<i>Candida tropicalis</i> Lm 13 BE	121,6 ± 124,64 ab	46,33	Sedang
<i>Aureobasidium pullulans</i> Dmg 11 DEP	4,4 ± 9,83 c	98,05	Sangat kuat
Kontrol	226,6 ± 95,64 a	-	

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%. SD : Standar Deviasi. Kriteria AFA menurut Mori *et al.* (1997).



Gambar 3. Pengaruh perlakuan khamir terhadap pembentukan sklerotia *S. rolfii* dengan metode *dual culture* pada 14 hsp (a) *R. minuta* Dmg 16 BEP, (b) *C. tropicalis* Lm 13 BE, (c) *A. pullulans* Dmg 11 DEP, (d) kontrol.

Kemampuan Khamir dalam Menghambat Pertumbuhan *S. rolfii* dengan Metode *Double Dish System*

Hasil uji antagonisme khamir terhadap *S. rolfii* dengan metode *double dish system* menunjukkan bahwa ketiga khamir yang diuji dapat menghambat pertumbuhan *S. rolfii* (Tabel 4). Kemampuan khamir dalam menekan pertumbuhan koloni jamur dengan metode *double dish system* menunjukkan bahwa khamir tersebut mampu menghasilkan senyawa volatil yang berperan sebagai antijamur. Senyawa volatil yang dihasilkan oleh ketiga khamir yang diuji dapat menekan pertumbuhan *S. rolfii* dengan daya hambat berkisar antara 32,91% – 48,07% pada 5 hari setelah perlakuan (HSP) (Tabel 4). Hasil percobaan menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata antara perlakuan khamir dengan kontrol dalam hal pertumbuhan koloni (Tabel 4, Gambar 4). Pengaruh senyawa volatil khamir dalam menekan pertumbuhan jamur patogen telah dilaporkan dalam beberapa hasil penelitian. Setiawan *et al.* (2020) melaporkan bahwa khamir *R. minuta* Dmg 16 DEP mampu memproduksi senyawa volatil yang dapat menghambat pertumbuhan *A. solani* melalui metode *double dish system*. Iqbal *et al.* (2021) melaporkan bahwa khamir *A. pullulans* mampu menekan pertumbuhan *Phytophthora cactorum* penyebab busuk batang, busuk akar, dan grey

mold pada tanaman stroberi melalui senyawa volatil yang dihasilkannya dengan metode *double dish system* sebesar 44%. Sementara itu, Arrarte *et al.* (2017) melaporkan bahwa senyawa volatil yang dihasilkan khamir *C. sake* 41E mampu menekan pertumbuhan koloni *P. expansum* sebesar 60,3%.

Berdasarkan kategori tingkat aktivitas antijamur Mori *et al.* (1997) diketahui bahwa *R. minuta* Dmg 16 BEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE, dan *A. pullulans* Dmg 11 DEP memiliki efek penghambatan yang sedang terhadap pertumbuhan koloni jamur *S. rolfii* pada metode *double dish system*. Penghambatan pertumbuhan *S. rolfii* oleh khamir ini diakibatkan oleh adanya senyawa volatil yang berperan sebagai antijamur. Senyawa volatil yang dihasilkan oleh khamir pada umumnya berasal dari golongan alkohol yang dapat menyebabkan terjadinya denaturasi protein serta memengaruhi kestabilan lapisan lipid pada membran plasma jamur yang menyebabkan pertumbuhan jamur menjadi abnormal (Dalilla *et al.*, 2015).

Senyawa volatil khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP memiliki efek penghambatan tertinggi dibandingkan dengan dua perlakuan khamir lainnya (Tabel 4). Khamir *Aureobasidium* sp. dilaporkan mampu menghasilkan senyawa volatil berupa alkohol, etanol, 3-metil-1-butanol, dan 2-metil-1-propanol yang

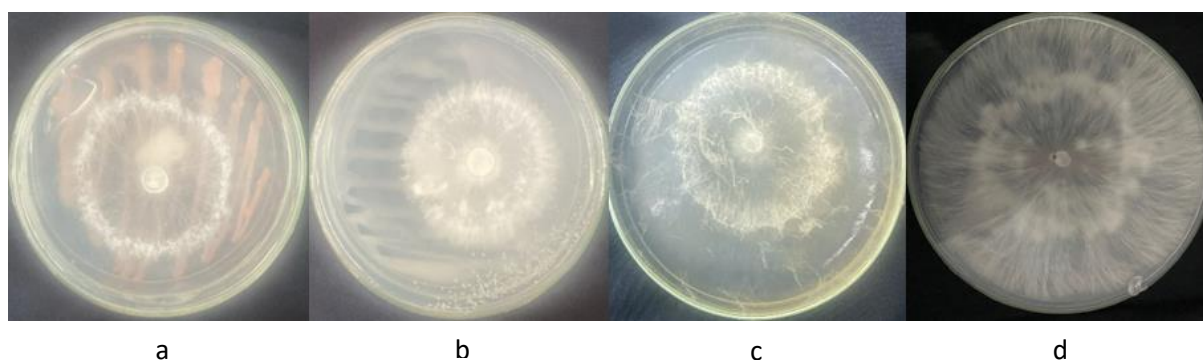
dapat menghambat pertumbuhan patogen (Di Francesco *et al.*, 2020). Hal ini didukung oleh hasil penelitian Don *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa khamir *A. pullulans* dapat menghasilkan senyawa berupa ethanol, 2-methyl-1-propanol, 3-methyl-1butanol dan 2-phenylethanol yang dapat merusak

jamur *B. cinerea* dan *Alternaria alternata*. Di Francesco *et al.* (2020) melaporkan bahwa *Aureobasidium* spp. mampu menghasilkan senyawa volatil yang dapat menekan pertumbuhan koloni *Aspergillus carbonarius* dan *Aspergillus ochraceus* sebesar 66% dan 83%.

Tabel 4. Pengaruh perlakuan khamir terhadap pertumbuhan koloni *S. rolfsii* dan daya hambatnya pada uji antagonisme dengan metode *double dish system* pada 5 HSP

Perlakuan	Luas koloni <i>S. rolfsii</i> (cm) $\pm$ SD	Pengambatan (%)	Anti-Fungal Activity (AFA)
<i>Rhodotorula minuta</i> Dmg 16 BEP	42,6 $\pm$ 20,10 b	32,91	Sedang
<i>Candida tropicalis</i> Lm 13 BE	41,8 $\pm$ 12,61 b	34,23	Sedang
<i>Aureobasidium pullulans</i> Dmg 11 DEP	33,0 $\pm$ 6,43 b	48,07	Sedang
Kontrol	63,6 $\pm$ 0,00a	-	

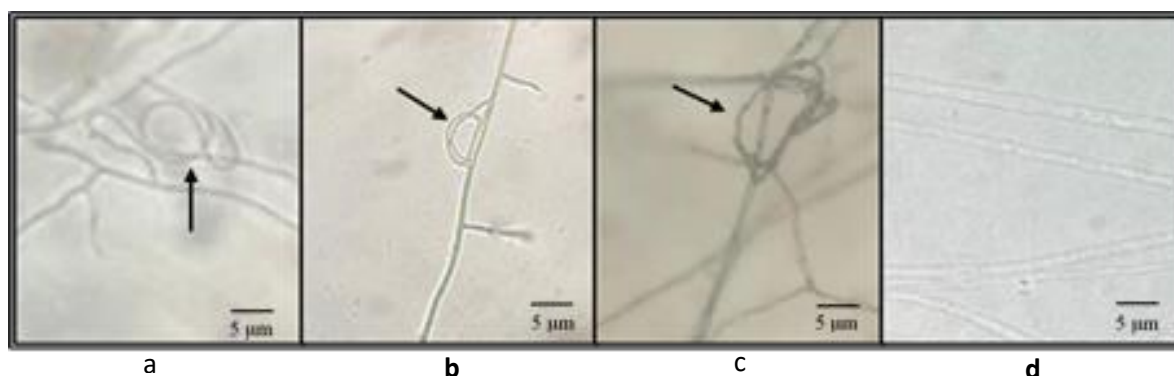
Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%. SD : Standar Deviasi. Kriteria AFA menurut Mori *et al.* (1997).



Gambar 4. Koloni *S. rolfsii* pada pengujian antagonisme khamir dengan metode *double dish system* pada 5 hsp (a) *R. minuta* Dmg 16 BEP, (b) *C. tropicalis* Lm 13 BE, (c) *A. pullulans* Dmg 11 DEP, (d) kontrol.

Hasil pengamatan mikroskopis pengaruh senyawa volatil khamir terhadap hifa *S. rolfsii* menunjukkan bahwa senyawa volatil dari ketiga khamir yang diuji menyebabkan hifa *S. rolfsii* menjadi abnormal. Perubahan hifa menjadi abnormal tersebut berupa hifa menggulung (Gambar 5). Zhang *et al.* (2021) menyatakan bahwa perubahan morfologi pada hifa jamur dan rusaknya membran sel merupakan dampak dari paparan senyawa volatil. Perubahan hifa

S. rolfsii tersebut disebabkan oleh sifat anti jamur senyawa volatil khamir. Sifat antijamur dari senyawa volatil tersebut menimbulkan stress oksidatif, kebocoran elektrolit pada sel patogen yang menyebabkan disfungsi membran sel dan viabilitas sel (Yalage Don *et al.*, 2021). Hal tersebut selanjutnya dapat menimbulkan kerusakan pada sel dan kehilangan kemampuan untuk tumbuh (Yalage Don *et al.*, 2021).



Gambar 5. Kondisi hifa jamur *S. rolfsii* pada perlakuan khamir dengan metode *double dish system* pada 5 HSP (a, b, c) hifa menggulung, (d) hifa normal pada kontrol (Perbesaran 400x).

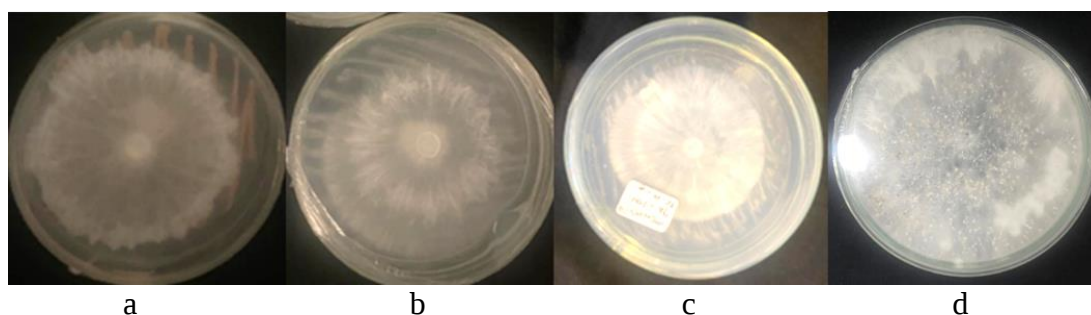
Hasil uji antagonisme khamir terhadap *S. rolfii* dengan metode *double dish system* juga menunjukkan bahwa ketiga khamir yang diuji dapat menghambat pembentukan sklerotia *S. rolfii* dengan daya hambat sebesar 100% (Tabel 5). Hasil percobaan menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara jumlah sklerotia *S. rolfii* pada perlakuan khamir dengan kontrol (Tabel 5 dan Gambar 6). Hal ini menunjukkan bahwa ketiga

khamir yang diuji menghasilkan senyawa volatil yang mampu menghambat pembentukan sklerotia. Senyawa volatil yang dihasilkan oleh khamir mengakibatkan terjadinya kerusakan pada membran plasma (Dalilla *et al.*, 2015). Menurut Amanupurnyo *et al.* (2021) pada saat jamur stress atau tertekan, kemampuan jamur dalam membentuk sklerotia menjadi terhambat.

Tabel 5. Jumlah dan daya hambat pembentukan sklerotia *S. rolfii* pada uji antagonisme khamir dengan metode *double dish system* pada 14 HSP

Perlakuan	Jumlah sklerotia <i>S. rolfii</i> ± SD	Penghambatan (%)	Anti-Fungal (AFA)	Activity
<i>Rhodotorula minuta</i> Dmg 16 BEP	0,0 ± 0,00 b	100	Sangat kuat	
<i>Candida tropicalis</i> Lm 13 BE	0,0 ± 0,00 b	100	Sangat kuat	
<i>Aureobasidium pullulans</i> Dmg 11 DEP	0,0 ± 0,00 b	100	Sangat kuat	
Kontrol	228,4 ± 95,87 a	-		

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%. SD : Standar Deviasi. Kriteria AFA sesuai menurut Mori *et al.* (1997).



Gambar 6. Pengaruh perlakuan khamir terhadap pembentukan sklerotia *S. rolfii* dengan metode *double dish system* pada 14 HSP (a) *R. minuta* Dmg 16 BEP, (b) *C. tropicalis* Lm 13 BE, (c) *A. pullulans* Dmg 11 DEP, (d) kontrol.

Berdasarkan kategori tingkat aktivitas antijamur Mori *et al.*, (1997) senyawa volatil yang dihasilkan oleh *R. minuta* Dmg 16 BEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE, dan *A. pullulans* Dmg 11 DEP dapat diklasifikasikan memiliki efek penghambatan yang sangat kuat terhadap pembentukan sklerotia jamur *S. rolfii*. Senyawa volatil yang dihasilkan oleh khamir dapat berupa hidrokarbon, fenol, aldehida, keton, thioester, terpena, senyawa heterosiklik, alkohol, thioalkohol, 3-methyl-1-butanol dan 2- methyl-1-butanol (Dalilla *et al.*, 2015; Oufensou *et al.* 2023). Senyawa volatil tersebut dapat menyebabkan peroksidasi lipid pada sel patogen yang mengakibatkan terjadinya kerusakan pada membran plasma (Dalilla *et al.*, 2015; Oufensou *et al.* 2023), sehingga dapat berpengaruh pada pembentukan sklerotia *S. rolfii*. Senyawa volatil yang dihasilkan oleh khamir dapat dimanfaatkan sebagai *mycofumigant* dan dapat dijadikan sebagai *infochemical* yang dapat mencegah terjadinya infeksi patogen.

KESIMPULAN

Khamir *R. minuta* Dmg 16 BEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE dan *A. pullulans* Dmg 11 DEP mampu menghambat pertumbuhan koloni *S. rolfii* dan

pembentukan sklerotia melalui uji antagonisme dengan metode *dual culture* dengan daya hambat berturut-turut sebesar 50,80% – 63,25% dan 46,33% – 98,05%. Ketiga khamir tersebut juga menghasilkan senyawa volatil yang dapat menghambat pertumbuhan koloni *S. rolfii* dan pembentukan sklerotia pada metode *double dish system* dengan daya hambat berturut-turut sebesar 32,91% – 48,07% dan 100%. Khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP menghasilkan penghambatan tertinggi terhadap pertumbuhan koloni *S. rolfii*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Padjadjaran melalui pembiayaan Hibah Riset UNPAD Tahun 2024 skema Academic Leadership Grant Prof. Tri Mayanti, no kontrak 1624/UN6.3.1/PT.00/2024.

DAFTAR PUSTAKA

Adhi, SR, & Suganda T. 2020. Potensi jamur rizosfer bawang merah dalam menekan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit busuk umbi bawang merah. Jurnal Kultivasi. 19(1): 1015-1022. DOI:10.24198/kultivasi.v19i1.22877

- Agirman, B, & Erten H. 2020. Biocontrol ability and action mechanisms of *Aureobasidium pullulans* GE17 and *Meyerozyma guilliermondii* KL3 against *Penicillium digitatum* DSM2750 and *Penicillium expansum* DSM62841 causing postharvest diseases. *Yeast*. 37(9-10): 437-448. DOI: <https://doi.org/10.1002/yea.3501>
- Amanupunyo, HR, Tahitu NE, & Tuhumury GN. 2021. Efektivitas Limbah Cengkih dalam Menekan Perkembangan *In Vitro Sclerotium rolfsii*, Jamur Penyebab Damping Off Kacang Tanah. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 17(1): 36-42.
- Arrarte, E, Garmendia G, Rossini C, Wisniewski M, & Vero S. 2017. Volatile organic compounds produced by Antarctic strains of *Candida sake* play a role in the control of postharvest pathogens of apples. *Biological Control*. 109: 14–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.03.002>
- [BSIP] Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Aneka Kacang Badan Standardisasi Instrumen Pertanian. 2023. Berita BSIP Aneka Kacang Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Aneka Kacang [internet]. [diacu 2024 Juli 8]. Tersedia dari <https://anekakacang.bsip.pertanian.go.id/berita/bsip-aneka-kacang-siap-dukung-peningkatan-produktivitas-kedelai-di-jawa-timur#>
- Cai, T, Shi P, Zhang S, Xiang W, Liu J, Lin Z, & Tang J. 2023. Inhibition of perilla frutescens essential oil on pellicle formation of *Candida tropicalis* and *Pichia kluyveri* and its effect on volatile compounds in sichuan pickles. *Foods*. 12(8): 1593. DOI: 10.3390/foods12081593
- Chaurasia, B, Pandey A, Palni LMS, Trivedi P, Kumar PB, & Colvin N. 2005. Diffusible and volatile compounds produced by an antagonistic *Bacillus subtilis* strain cause structural deformations in pathogenic fungi in vitro. *Microbiological research*. 160(1): 75-81.
- Dalilla, CR, Mauricio BF, Simone CB, Silvia B, & Sergio FP. 2015. Antimicrobial activity of volatile organic compounds and their effect on lipid peroxidation and electrolyte loss in *Colletotrichum gloeosporioides* and *Colletotrichum acutatum* mycelia. *African Journal of Microbiology Research*. 9 (23): 1527–1535. DOI: <https://doi.org/10.5897/ajmr2015.7425>
- Díaz, MA , Pereyra MM, Picón-Montenegro E, Meinhardt F, & Dib JR. 2020. Review: Killer yeasts for the biological control of postharvest fungal crop diseases. *Microorganisms*. 8(1680): 1-14. DOI: 10.3390/microorganisms8111680
- Di Francesco, A, Zajc J, Gunde-Cimerman N, Aprea E, Gasperi F, Placì N, Caruso F, & Baraldi E. 2020. Bioactivity of volatile organic compounds by *Aureobasidium* species against gray mold of tomato and table grape. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 36(11): 171. DOI: 10.1007/s11274-020-02947-7.
- [DJTP] Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2024. Laporan Tahun 2023 Direktorat Jenderal Tanaman Pangan [internet]. [diacu 2024 Juli 8]. Tersedia dari <https://tanamanpangan.pertanian.go.id/assets/front/uploads/document/LAPORAN%20TAHUNAN%202023>
- Don, SMY, Schmidtke LM, Gambetta JM, & Steel CC. 2021. Volatile organic compounds produced by *Aureobasidium pullulans* induce electrolyte loss and oxidative stress in *Botrytis cinerea* and *Alternaria alternata*. *Research in Microbiology*. 172(1): 103788. DOI: 10.1016/j.resmic.2020.10.003
- Dwiastuti, ME, Soesanto L, Aji TG, Devy NF, & Hardiyanto. 2021. Biological control strategy for postharvest diseases of citrus, apples, grapes and strawberries fruits and application in Indonesia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 31: 141. DOI: 10.1186/s41938-021-00488-1
- Ferraz, LP, da Cunha T, da Silva AC, & Kupper KC. 2016. Biocontrol ability and putative mode of action of yeasts against *Geotrichum citri aurantii* in citrus fruit. *Microbiological Research*. 4(12): 1-28. DOI: 10.1016/j.micres.2016.04.012
- Freimoser, FM, Rueda-Mejia MP, Tilocca B, & Migheli Q. 2019. Biocontrol yeasts: mechanisms and applications. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 35: 154. DOI: 10.1007/s11274-019-2728-4
- Haggag, WM, & HALA Mohamed. 2007. Biotechnological Aspects of Microorganisms Used in Plant Biological Control. *American Eurasian journal of sustainable agriculture*. 1(1): 7-12.
- Hartati, S, Utari ED, Rasiska S, & Istifadah N. 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.
- Hendriadi A, Sulistiyorini S, & Devilana MR. 2021. Pesticides residues in fresh food of plant origin: case study in Indonesia. *Agrivita Journal of Agricultural Science*. 43:285–299. DOI: 10.17503/agrivita.v43i2.2570
- Huang, R, Li GQ, Zhang J, Yang L, Che HJ, Jiang DH, & Huang HC. 2011. Disease control and pest management control of postharvest *botrytis* fruit rot of strawberry by volatile organic compounds of *Candida intermedia*. *Phytopathology*. 101, 859-869.
- Idris, H, Agustien A, & Mansyurdin M. 2023. Pengendalian *Athelia rolfsii* Penyebab Busuk Pangkal Batang Pada Kacang Tanah *Arachis hypogea*. L dengan Fungisida Nabati Dan

- Agensia Hayati. Jurnal Agrosains dan Teknologi. 8(2): 87-93.
- Intan, RMT, Cholil A, & Sulistyowati L. 2014. Potensi antagonis jamur endofit dan khamir pada tanaman pisang (*Musa accumunata*) terhadap jamur *Mycosphaerella musicola* penyebab penyakit bercak kuning sigatoka. Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan). 2(4): 110-118.
- Iqbal, M, Jamshaid M, Zahid MA, Andreasson E, Vetukuri RR, & Stenberg JA. 2021. Biological control of strawberry crown rot, root rot and grey mould by the beneficial fungus *Aureobasidium pullulans*. BioControl. 66(4): 535-545.
- Janisiewicz, WJ, & Korsten L. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits. Annual Review of Phytopathology. 40:411-41. DOI: 10.1146/annurev.phyto.40.120401.130158
- Khoerunnisa, R, & Handayani THW. 2018. Mini Tart Kedelai sebagai Pengembangan Produk Patiseri Berbahan Substitusi Tepung Kedelai Lokal. Prosiding Pendidikan Teknik Boga Busana. 13(1): 1-5.
- Kowalska, J, Krzyńska J, & Tyburski J. 2022. Yeasts as a potential biological agent in plant disease protection and yield improvement a short review. Agriculture (Switzerland): 12(9). <https://doi.org/10.3390/agriculture12091404>
- Mori, M, Aoyama M, Doi S, Kanetoshi A, & Hayashi T. 1997. Antifungal activity of bark extracts of deciduous trees. European Journal of Wood and Wood Products. 55(2-4): 130-132.
- Nasahi, C, Yusuf AR, Hartati S, Kurniadie D, & Subekti-Putri SN. 2023. Yeast potential in controlling *Aspergillus* sp. causing fruit rot disease in dekupon oranges (*Citrus reticulata* 'Shiranui'). Research on Crops. 24(2): 407-415. DOI: 10.31830/2348-7542.2023.ROC-922
- Oufensou, S, Hassan UIZ, Balmas V, Jaoua S, & Migheli Q. 2023. Perfume guns: Potential of yeast volatile organic compounds in the biological control of mycotoxin-producing fungi. Toxins. 15(1): 45.
- Pinto, C, Custódio V, Nunes M, Songy A, Rabenoelina F, Courteaux B, & Fontaine F. 2018. Understand the potential role of *Aureobasidium pullulans*, a resident microorganism from grapevine, to prevent the infection caused by *Diplodia seriata*. Frontiers in Microbiology. 9: 3047. DOI: 10.3389/fmicb.2018.03047
- Podgórska-Kryszczuk, I. 2023. Biological control of *Aspergillus flavus* by the yeast *Aureobasidium pullulans* in vitro and on tomato fruit. Plants. 12(2): 236. DOI: 10.3390/plants12020236
- Prasongsuk, S, Lotrakul P, Ali I, Bankeeree W, & H Punnapayak. 2018. The current status of *Aureobasidium pullulans* in biotechnology. Folia Microbiologica. 63: 129-140. DOI: 10.1007/s12223-017-0561-4
- Raspor, P, Miklič-Milek D, Avbelj M, & Čadež N. 2010. Biocontrol of Grey Mould Disease on Grape Caused by *Botrytis cinerea* with Autochthonous Wine Yeasts. Food Technology & Biotechnology. 48(3).
- Ruiz-Moyano, S, Hernández A, Galvan AI, Córdoba MG, Casquete R, Serradilla MJ, & Martín A. 2020. Selection and application of antifungal VOCs-producing yeasts as biocontrol agents of grey mould in fruits. Food microbiology. 92: 1-6.
- Semangun, H. 2004. Diseases of food crops in Indonesia. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 850p.
- Setiawan, A, Sastrahidayat IR, & Muhibuddin A. 2014. Upaya penekanan serangan penyakit rebah semai (*Sclerotium roflsii*) pada tanaman kedelai (*Glycine max* L.) dengan mikoriza yang diperbanyak dengan inang perantara tanaman kacang tanah. Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan). 2(4): 36-43.
- Setiawan, W, Wiyono S, Tondok ET, Kanti A, & Sudiana IM. 2020. *In vitro* Study of Action Mode of *Rhodotorula minuta* Dmg 16 BEP as Biocontrol Agents on *Alternaria solani*. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia. 24: 28-33.
- Sriram, S, & Poornachanddra SR. 2013. Biological control of postharvest mango fruit rot caused by *Colletotrichum gloeosporioides* and *Diplodia natalensi* with *Candida tropicalis* and *Alcaligenes faecalis*. Indian Phytopathology. 66(4): 375-380.
- Tongsri, V, Sanosomneng K, Umrung S, & Montri N. 2022. Antagonistic activity of *Candida utilis* SCKU1 yeast against crown rot disease of 'Hom Thong' banana (*Musa acuminata*, AAA group). International Journal of Agricultural Technology 18(4): 1867-1868
- Urbina, CT, Prieto VG, Lopez CG, Albores FV, Reyes DB, Muniz CA, & Barrios DO. 2016. Purification and characterization of b-1,3-glucanase from *Candida oleophila* for the biocontrol of *Penicillium expansum*. Research & Reviews: Journal of Botanical Sciences. 5 (1): 38-45.
- Wang, P, Jia SL, Liu GI, Chi Z, & Chi ZM. 2022. *Aureobasidium* spp. and their applications in biotechnology. Process Biochemistry. 116: 72-83.
- Yalage Don, SM, Schmidtke LM, Gambetta JM, & Steel CC. 2021. Volatile organic compounds produced by *Aureobasidium pullulans* induce electrolyte loss and oxidative stress in *Botrytis cinerea* and *Alternaria alternata*. Research in Microbiology. 172(1). <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2020.10.003>
- Zhang X, Li Y, T, u M X, Guo J, Zhang C, Feng Z, Peng, Li Z, Xing K, & Qin S. 2021. Antifungal effect of volatile organic compounds produced by *Pseudomonas chlororaphis* subsp.

aureofaciens SPS-41 on oxidative stress and mitochondrial dysfunction of *ceratocystis fimbriata*. Pesticide Biochemistry and Physiology. 173. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104777>

Zhou, J, Xiong K, Yang Y, Ye X, Liu J, & F Li. 2015. Deleterious effects of benomyl and carbendazim on human placental trophoblast cells. Reproductive Toxicology, 51, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2014.12.008>

