



Capability of Three Yeast Species in Suppressing Green Mold (*Penicillium digitatum*) on Siam Citrus Fruit (*Citrus nobilis*)

Sri Hartati*, Elinda Dwi Utari, Siska Rasiska, dan Noor Istifadah

Department of Plant pests and Diseases, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, West Java, Indonesia, 45363

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

Received September 29, 2022; revised October 30, 2022; accepted November 10, 2022

ABSTRACT

Green mold is one of the main diseases in citrus fruits caused by *Penicillium digitatum*. One of the managements that can be used to control this disease is by using yeasts as antagonistic agents. The objective of this study was to evaluate the ability of yeast to suppress *Green mold* caused by *P. digitatum* in siam citrus (*Citrus nobilis* Lour.). The study was conducted using a completely randomized design. The treatments were the application of yeast, consisting of *Aureobasidium pullulans* isolate Dmg 11 DEP, *Rhodotorula minuta* isolate Dmg 16 BE, *Candida tropicalis* isolate Lm 13 BE, fungicide benomyl, and control. The results showed that *A. pullulans* isolate Dmg 11 DEP, *C. tropicalis* isolate Lm 13 BE, and *R. minuta* isolate Dmg 16 BE were able to suppress the growth of *P. digitatum* *in vitro* on dual culture method, with suppression levels ranged from 14.64%-21.02%. The greatest suppression was caused by *R. minuta* isolate Dmg 16 BE. The formation of volatile compounds test results were ranged from 14.51%-34%, and the highest suppression was on *C. tropicalis* isolate Lm 13 BE. Application of the yeasts on siam citrus fruit was able to reduce the pathogen's growth, and the suppressions were 28.87% to 68.72%. *R. minuta* isolate Dmg 16 BE caused the highest suppression.

Keywords: Antagonist agents, *Aureobasidium pullulans*, *Candida tropicalis*, *Rhodotorula minuta*

Kemampuan Tiga Spesies Khamir dalam Menekan Penyakit Green Mold (*Penicillium digitatum*) pada Buah Jeruk Siam (*Citrus nobilis*.)

ABSTRAK

Penyakit *green mold* merupakan salah satu penyakit utama pada buah jeruk yang disebabkan oleh *Penicillium digitatum*. Salah satu pengendalian yang dapat dilakukan untuk mengendalikan penyakit ini adalah menggunakan agens antagonis khamir. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan tiga spesies khamir dalam menekan penyakit *Green mold* akibat *P. digitatum* pada buah jeruk siam (*Citrus nobilis* Lour.). Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan terdiri dari khamir *Aureobasidium pullulans* Dmg 11 DEP, *Rhodotorula minuta* Dmg 16 BE, *Candida tropicalis* Lm 13 BE, fungisida benomil, dan kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE, dan *R. minuta* Dmg 16 BE mampu menekan pertumbuhan *P. digitatum* secara *in vitro* pada pengujian *dual culture* dengan tingkat penekanan berkisar 14,64%-21,02% dengan penekanan tertinggi oleh *R. minuta* Dmg 16 BE. Pengujian aktivitas antijamur senyawa volatil khamir menunjukkan hasil penekanan berkisar antara 14,51%-34% dengan penekanan tertinggi oleh *C. tropicalis* Lm 13 BE. Hasil uji *in vivo* pada buah jeruk siam menunjukkan adanya penekanan khamir terhadap penyakit *Green mold* dengan kisaran 28,87%-68,72%, dimana perlakuan *R. minuta* Dmg 16 BE merupakan perlakuan dengan tingkat penekanan tertinggi.

Kata Kunci: Agens antagonis, *Aureobasidium pullulans*, *Candida tropicalis*, *Rhodotorula minuta*

PENDAHULUAN

Jeruk siam merupakan varietas jeruk yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia. Varietas jeruk ini termasuk dalam komoditas unggulan buah-buahan pada tahun 2021 dengan jumlah produksi sebesar 2,4 juta ton (BPS, 2022). Jumlah jeruk siam yang dibudidayakan di Indonesia mencapai 70% (Hanif, 2020). Rasanya yang manis dan kulitnya yang tipis menjadikan jeruk siam banyak digemari oleh masyarakat (Endarto & Martini, 2016).

Buah jeruk siam seperti halnya produk pascapanen lainnya sering mengalami kerusakan akibat faktor biologis (Dewi *et al.*, 2020). Kerusakan ini akan sangat merugikan dan bahkan berbahaya karena adanya toksin yang dihasilkan organisme tersebut (Arini, 2017). *Green mold* merupakan penyakit yang sering ditemukan terjadi pada buah jeruk pascapanen (Zahani & Khaledi, 2018). Penyakit ini disebabkan oleh *Penicillium digitatum* Sacc. yaitu salah satu patogen yang dapat menyebabkan

kerusakan biologis pada berbagai produk pascapanen. Gejala *Green mold* ditunjukkan dengan adanya gejala pembusukan pada buah jeruk. Penyakit ini terjadi pada buah yang mengalami luka pada saat panen. Luka pada buah akan mempermudah *P. digitatum* untuk menginfeksi. *P. digitatum* dapat menyebabkan kehilangan produksi mencapai 90% selama masa pascapanen (Macarisin *et al.*, 2007).

Pengendalian yang sering dilakukan untuk mengendalikan penyakit *Green mold* adalah dengan menggunakan fungisida kimia sintetis (Bazioli *et al.*, 2019). Adapun fungisida tersebut di antaranya adalah imazalil, thiabendazole, pyrimethanil, sodium orthophenyl phenate (SOPP), dan benzimidazole (Palou, 2016). Namun, penggunaan fungisida kimia sintetis dapat menyebabkan dampak buruk seperti adanya residu pada buah yang dapat membahayakan bagi kesehatan (Amilia *et al.*, 2016). Alternatif pengendalian yang dapat digunakan untuk menggantikan fungisida kimia sintetis adalah dengan menggunakan agens biokontrol.

Khamir merupakan salah satu mikroba yang telah dilaporkan berperan sebagai agens biokontrol. Beberapa spesies khamir telah dilaporkan mampu menekan penyakit pada tanaman maupun produk pascapanen seperti khamir *Rhodotorula* sp. (Puspitasari *et al.*, 2014; Indratmi, 2018; Jumawati, 2018), *Aureobasidium pullulans* (Sánchez & Barreiro, 2012; Hartati *et al.*, 2015; Jumawati, 2018) dan *Candida tropicalis* (Jumawati, 2018; Hartati *et al.*, 2015). Khamir-khamir tersebut di antaranya dilaporkan mampu mengendalikan penyakit antraknosa pada buah pisang (Zhimo *et al.*, 2017) dan buah mangga (Jumawati, 2018) yang disebabkan oleh *Colletotrichum* sp., dan dapat mengendalikan busuk buah pada jeruk akibat jamur *Aspergillus* sp. (Sukmawati *et al.*, 2021).

Khamir *R. minuta* Dmg 16 BEP, *A. pullulans* Dmg 11 DEP, dan *C. tropicalis* Lm 13 BE yang diisolasi dari buah dan daun cabai (Hartati *et al.*, 2014) dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan beberapa jamur patogen secara in vitro dan mengendalikan penyakit pada beberapa produk pascapanen (Hartati *et al.*, 2014; Lestari *et al.*, 2020) dan tanaman (Setiawan *et al.*, 2020). Akan tetapi, kemampuan ketiga khamir tersebut dalam menekan *P. digitatum* secara in vitro dan mengendalikan penyakit *Green mold* pada buah jeruk siam belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE, dan *R. minuta* Dmg 16 BE dalam menghambat pertumbuhan *P. digitatum* secara in vitro dan menekan penyakit *Green mold* yang disebabkan oleh *P. digitatum* pada buah jeruk siam.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Proteksi Tanaman, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran pada bulan Januari sampai

Mei 2022. Percobaan dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak lengkap (RAL) yang terdiri dari pengujian secara in vitro dan in vivo.

Isolasi Patogen *Green Mold* (*P. digitatum*)

Isolasi *P. digitatum* dilakukan dengan mengambil bagian kulit buah jeruk siam yang menunjukkan gejala penyakit *Green mold*. Bagian kulit buah jeruk dipotong pada bagian antara yang sehat dan sakit kemudian dibersihkan dengan air mengalir. Potongan tersebut kemudian didisinfeksi dengan alkohol 70% dan kloroks 1% selama 1 menit, kemudian dibilas dengan akuades steril selanjutnya dikering anginkan. Potongan kulit jeruk tersebut diletakkan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan diinkubasi pada suhu ruang selama tujuh hari. Jamur yang tumbuh diisolasi dan dimurnikan pada media yang baru, selanjutnya diidentifikasi secara morfologi menggunakan buku identifikasi Barnett & Barry (2006).

Uji Patogenisitas *P. digitatum*

Jamur *P. digitatum* yang sudah dimurnikan selanjutnya diuji patogenisitasnya. Pengujian dilakukan dengan membuat suspensi spora jamur dengan kerapatan 1×10^4 spora/ml. Pengujian diawali dengan disinfeksi buah jeruk siam sehat menggunakan alkohol 70% dan kloroks 1% selama 1 menit, kemudian dicuci dengan akuades steril dan dikering anginkan. Buah selanjutnya dilukai menggunakan jarum steril dan diinokulasi dengan suspensi jamur *P. digitatum* sebanyak 20 μ l. Buah yang sudah diinokulasi ditutup menggunakan kapas steril yang sudah dilembabkan dan disimpan pada kotak tertutup selama tujuh hari pada suhu ruang (25 °C).

Perbanyakan dan Pembuatan Suspensi *P. digitatum*

Jamur *P. digitatum* diperbanyak pada media PDA. Biakan jamur *P. digitatum* yang sudah berumur 7 hari dipanen dengan menambahkan 10 ml akuades steril. Spora *P. digitatum* dilepaskan dengan menggunakan batang L secara perlahan. Kerapatan spora *P. digitatum* yang digunakan adalah 1×10^4 spora/ml (Wang *et al.*, 2018). Kerapatan dihitung dengan menggunakan *haemocytometer* dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{t \times d}{n \times 0,25} \times 10^6$$

Keterangan: C = kerapatan spora per ml larutan, t = jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati, n = jumlah kotak sampel (5 kotak besar $\times$ 16 kotak kecil), 0,25 = faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada *haemocytometer*, d = faktor pengenceran bila harus diencerkan (d=1 berarti tidak diencerkan; d=10 berarti diencerkan 1:10), 10^6 = standar kerapatan spora.

Peremajaan dan Perbanyak Khamir

Khamir yang digunakan yaitu khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *R. minuta* Dmg 16 BE, dan *C. tropicalis* Lm 13 BE. Ketiga khamir tersebut merupakan hasil isolasi dari buah dan daun cabai yang diambil dari daerah Dramaga (Dmg) Kabupaten Bogor dan Kabupaten Lumajang (Lm) (Hartati *et al.*, 2014). Khamir yang akan digunakan dalam pengujian terlebih dahulu diremajakan pada media *Yeast Malt Extract Broth* (YMB). Khamir yang sudah diremajakan selanjutnya diperbanyak pada media PDA dengan cara digores secara zigzag.

Pembuatan Suspensi Khamir

Suspensi khamir dibuat dengan memanen sel khamir pada media PDA berumur 5 hari yang sebelumnya telah ditambahkan 10 ml akuades steril menggunakan batang L. Kerapatan sel khamir yang digunakan adalah 1×10^8 sel/ml (Hartati *et al.*, 2019). Sel khamir dihitung kerapatannya menggunakan *haemocytometer*.

Pengujian Khamir dalam Menghambat Pertumbuhan *P. digitatum* secara In Vitro

Pengujian potensi khamir dalam menekan *P. digitatum* secara in vitro dilakukan melalui uji *dual culture* dan uji aktivitas antijamur senyawa volatil. Percobaan in vitro dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan yang diuji pada *dual culture* adalah A = Khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, B = Khamir *R. minuta* Dmg 16 BE, C = Khamir *C. tropicalis* Lm 13 BE, D = Fungisida benomil, E = Kontrol. Perlakuan yang diuji pada pengujian aktivitas antijamur senyawa volatil sama dengan perlakuan pada *dual culture*, namun tanpa perlakuan fungisida.

Uji Antagonisme Khamir dengan Dual Culture

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *dual culture* seperti yang dilakukan Cunha *et al.* (2020). Biakan jamur patogen *P. digitatum* dipotong menggunakan *cork borer* berdiameter 0,5 cm dan diletakkan pada media PDA dalam petridish dengan jarak 3 cm dari tepi. Isolat khamir digoreskan secara tegak lurus disamping biakan jamur *P. digitatum* dengan jarak 3 cm. Perlakuan kontrol dibuat dengan menempatkan jamur patogen pada posisi yang sama tanpa isolat khamir. Perlakuan fungisida diberikan dengan mencampurkan fungisida benomil dengan konsentrasi 0,2 g/100 ml PDA. Potongan biakan *P. digitatum* diletakkan pada permukaan media PDA yang telah dicampur dengan fungisida dengan jarak ± 3 cm dari tepi cawan petri. Biakan uji selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang hingga koloni *P. digitatum* pada perlakuan kontrol tumbuh memenuhi cawan petri (Adhi & Suganda, 2020).

Pengamatan dilakukan dengan cara mengukur diameter koloni *P. digitatum* pada semua perlakuan hingga koloni *P. digitatum* pada kontrol telah

memenuhi cawan petri. Hasil pengamatan tersebut digunakan untuk menghitung tingkat hambatan relatif pertumbuhan koloni *P. digitatum* oleh isolat khamir dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Tingkat Hambatan Relatif

$$= \frac{\text{Diameter kontrol} - \text{Diameter perlakuan}}{\text{Diameter kontrol}} \times 100\%$$

Uji Antagonisme Khamir melalui Aktivitas Antijamur Senyawa Volatil

Uji aktivitas antijamur senyawa volatil dilakukan dengan menangkupkan 2 cawan Petri (tanpa tutup) yang berisi biakan *P. digitatum* dan khamir. Biakan jamur *P. digitatum* dipotong menggunakan *cork borer* berdiameter 0,5 cm dan diletakkan pada cawan petri berisi PDA. Isolat khamir digoreskan secara zig zag pada cawan petri lainnya berisi PDA. Kedua cawan petri tersebut kemudian ditangkupkan dan direkatkan dengan menggunakan *cling wrap*. Perlakuan kontrol dibuat dengan cara yang sama, tanpa khamir. Pengamatan dan cara penghitungan nilai tingkat hambatan relatif pertumbuhan *P. digitatum* oleh isolat khamir dilakukan dengan cara yang sama dengan uji *dual culture*.

Uji Interaksi Khamir dengan *P. digitatum*

Pengujian dilakukan dengan memotong media *water agar* berukuran 1x1 cm dan diletakkan di atas kaca objek. Biakan *P. digitatum* diambil menggunakan jarum steril, sedangkan khamir diambil menggunakan ose. Biakan *P. digitatum* dan khamir diletakkan di atas blok *water agar* dengan posisi saling berhadapan. Kedua potongan biakan kemudian ditutup dengan menggunakan *cover glass* dan diamati di bawah mikroskop.

Pengujian Khamir dalam Menekan Penyakit Green Mold pada Buah Jeruk Siam

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode Wang *et al.* (2018) dan Díaz *et al.* (2020). Percobaan dilakukan dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan. Adapun perlakuan yang diuji adalah A = Khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, B = Khamir *R. minuta* Dmg 16 BE, C = Khamir *C. tropicalis* Lm 13 BE, D = Fungisida benomil, dan E = Kontrol.

Permukaan buah jeruk terlebih dahulu didisinfeksi menggunakan alkohol 70% dan kloroks 1% selama 1 menit, kemudian dibilas dengan akuades steril dan dikering anginkan. Buah yang sudah kering dilukai pada salah satu sisinya dengan menggunakan jarum steril. Buah dicelupkan pada suspensi khamir (kerapatan sel 1×10^8 sel/ml) selama 2 menit dan dikering anginkan. Perlakuan fungisida dilakukan dengan menyemprotkan fungisida benomil menggunakan konsentrasi 2 g/l. Perlakuan kontrol dilakukan dengan mencelupkan buah pada akuades steril. Buah yang telah mendapat perlakuan

dimasukkan dalam kotak plastik selama 24 jam. Kotak plastik berisi buah jeruk yang telah diberi perlakuan disimpan pada suhu ruang (25 °C).

Inokulasi *P. digitatum* dilakukan setelah 24 jam perlakuan khamir. Inokulasi dilakukan dengan meneteskan suspensi spora *P. digitatum* sebanyak 20 µl (kepadatan 1×10^4 spora/ml) pada tiga titik luka yang sebelumnya telah dibuat menggunakan jarum steril. Setelah kering angin, buah ditutup menggunakan kapas yang telah dilembabkan dan direkatkan dengan plastik *cling wrap*. Buah yang sudah ditutup dengan kapas yang lembab selanjutnya dimasukkan dalam kotak plastik untuk diamati masa inkubasi dan luas gejala yang muncul.

Pengamatan dilakukan setiap hari hingga gejala pada buah pada kontrol menutupi seluruh buah. Pengamatan yang dilakukan meliputi masa inkubasi dan perkembangan penyakit. Perkembangan penyakit diukur dengan menghitung luas gejala pada buah. Gejala yang muncul digambar pada plastik mika kemudian dihitung dengan menempelkannya pada kertas berpetak ukuran 1x1 mm (Nasahi & Clonelin, 2021). Perhitungan dilakukan dengan rumus Luas gejala = Jumlah petak bergejala x luas 1 petak. Hasil perhitungan luas gejala selanjutnya digunakan untuk menghitung luas daerah dibawah kurva/*Area Under the Disease Progress Curve* (AUDPC). Adapun rumus perhitungan AUDPC adalah sebagai berikut:

$$AUDPC = \sum_{i=0}^n \frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} [t_{i+1} - t_i]$$

Keterangan Y_i = Luas bercak pada waktu ke- i , Y_{i+1} = Luas bercak pada $i+1$, t_i = Waktu pengamatan ke- i , t_{i+1} = Waktu pengamatan saat $i+1$.

Hasil AUDPC yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung tingkat penghambatan dari setiap perlakuan. Rumus tingkat penghambatan tersebut yaitu :

$$\text{Tingkat Hambatan} = 1 - \frac{\text{AUDPC Perlakuan}}{\text{AUDPC Kontrol}} \times 100\%$$

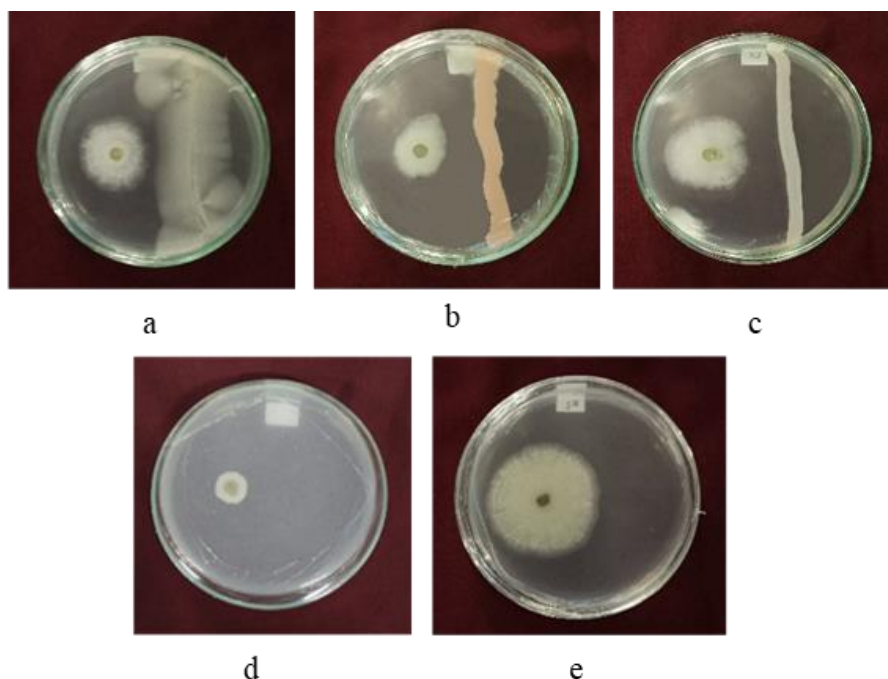
Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis ragam (ANOVA) dengan program software SPSS Versi 26. Data ditransformasi menggunakan arcsin sebelum dianalisis. Analisis dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan uji Jarak Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Khamir terhadap Pertumbuhan Koloni *P. digitatum* melalui Uji *Dual Culture*

Hasil uji antagonisme khamir terhadap pertumbuhan *P. digitatum* melalui pengujian *dual culture* menunjukkan bahwa hingga pengamatan hari ke-7 tidak terlihat adanya persinggungan antara koloni khamir dan koloni *P. digitatum* (Gambar 1). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antara diameter koloni *P. digitatum* pada perlakuan khamir dengan kontrol (Tabel 1). Berdasarkan penghitungan tingkat hambatan relatif, khamir yang diuji menunjukkan tingkat hambatan yang rendah terhadap pertumbuhan koloni *P. Digitatum* yaitu berkisar antara 14,64%-21,02% (Tabel 1). Terjadinya hambatan pertumbuhan koloni *P. digitatum* tersebut diduga disebabkan oleh mekanisme antibiosis yang dihasilkan khamir.



Gambar 1. Pengaruh khamir terhadap pertumbuhan koloni *P. digitatum* pada uji *dual culture* pada tujuh hari setelah perlakuan

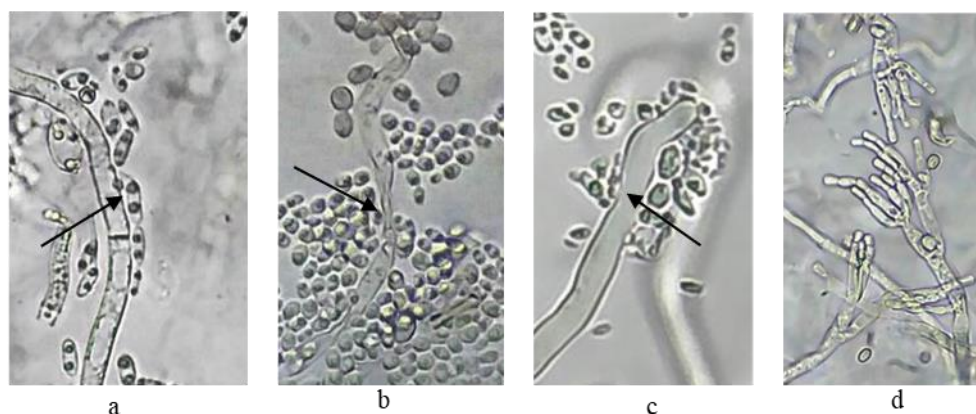
Tabel 1. Pengaruh perlakuan khamir terhadap pertumbuhan koloni *P. digitatum* dengan metode *dual culture* pada tujuh hari setelah perlakuan

Perlakuan	Diameter koloni (cm)	Tingkat hambatan relatif (%)
<i>A. pullulans</i> Dmg 11 DEP	2,07 b	16,95
<i>R. minuta</i> Dmg 16 BE	1,97 b	21,02
<i>C. tropicalis</i> Lm 13 BE	2,14 b	14,64
Fungsida	0,92 a	57,38
Kontrol	2,49 b	0,00

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji lanjut *Duncan* pada taraf 5%.

Menurut Prihatiningsih *et al.* (2015) mekanisme antibiosis dapat menekan pertumbuhan ataupun metabolisme mikroorganisme lain akibat senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan suatu mikroorganisme. Senyawa metabolit sekunder dihasilkan oleh organisme sebagai bentuk mekanisme pertahanan disaat terjadi kompetisi dengan organisme lain (Nofiani, 2008). Senyawa metabolit yang dihasilkan agens biokontrol pada umumnya berupa antibiotik, senyawa seperti antibiotik, ataupun enzim (Haggag & Mohamed, 2007).

Hasil pengamatan pada pengujian interaksi antara khamir dan *P. digitatum* menunjukkan bahwa sel khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE, dan *R. minuta* Dmg 16 BE nampak menempel pada hifa *P. digitatum* (Gambar 2). Dampak dari menempelnya khamir pada hifa *P. digitatum* diduga dapat menyebabkan lisisnya hifa *P. digitatum*. Menurut Widyastuti (2008), khamir yang melekat pada hifa jamur dapat mengakibatkan jamur patogen mengalami abnormalitas dan dinding sel jamur tampak menjadi lebih tipis.



Gambar 2. Pengaruh khamir terhadap hifa *P. digitatum* pada tujuh hari setelah perlakuan dengan a. *A. pullulans* Dmg 11 DEP, b. *R. minuta* Dmg 16 BE, c. *C. tropicalis* Lm 13 BE, d. Kontrol (perbesaran 400 kali).

Khamir antagonis yang menempel pada hifa jamur patogen dapat mensekresikan enzim pendegradasi dinding sel yang akan melisis dinding sel jamur. Hal itu terutama terjadi pada saat defisiensi nutrisi, khamir akan menyerap nutrisi dari sel jamur patogen (Zhang *et al.*, 2020). Rusaknya dinding sel jamur patogen diakibatkan oleh beberapa enzim litik seperti β -1,3-glukanase, kitinase dan protease yang dihasilkan oleh agens antagonis (Spadaro & Droby, 2016).

Pengaruh Khamir terhadap Pertumbuhan Koloni *P. digitatum* melalui Aktivitas Antijamur Senyawa Volatil

Pengamatan kemampuan khamir dalam menekan pertumbuhan koloni *P. digitatum* melalui aktivitas antijamur senyawa volatil menunjukkan adanya pengaruh yang nyata. Hal tersebut ditunjukkan

dengan rendahnya rata-rata diameter koloni *P. digitatum* pada perlakuan khamir dibandingkan dengan perlakuan kontrol (Tabel 2). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan yang paling baik adalah perlakuan khamir *C. tropicalis* Lm 13 BE dengan rata-rata diameter koloni *P. digitatum* sebesar 2,74 cm dan tingkat penghambatan sebesar 34%. Perlakuan tersebut memiliki hasil yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (Tabel 2).

Hasil pengujian aktivitas antijamur senyawa volatil menunjukkan bahwa semua khamir yang diuji mampu menghasilkan senyawa volatil. Hal tersebut ditunjukkan dengan terjadinya penghambatan diameter koloni jamur *P. digitatum* meskipun tanpa kontak langsung dengan khamir. Selain menghambat diameter jamur *P. digitatum*, khamir juga dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna koloni *P. digitatum*. Perlakuan khamir *A. pullulans* Dmg 11

DEP dan *C. tropicalis* Lm 13 BE menyebabkan koloni *P. digitatum* berwarna putih dan tidak terjadi perubahan menjadi warna hijau, sedangkan pada perlakuan *R. minuta* Dmg 16 BE koloni *P. digitatum*

berwarna putih dengan sedikit perubahan hijau pada bagian tengah koloni. Pada perlakuan kontrol, koloni jamur terlihat memiliki sedikit warna putih di daerah tepian dan hijau pada bagian dalam.

Tabel 2. Pengaruh perlakuan khamir terhadap pertumbuhan koloni *P. digitatum* melalui aktivitas antijamur senyawa volatil pada sepuluh hari setelah perlakuan

Perlakuan	Rata-rata diameter koloni (cm)	Tingkat hambatan relatif (%)
<i>A. pullulans</i> Dmg 11 DEP	3,62 ab	14,51
<i>R. minuta</i> Dmg 16 BE	3,30 ab	22,74
<i>C. tropicalis</i> Lm 13 BE	2,74 a	34,00
Kontrol	4,31 b	0,00

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan pada taraf 5%. HSP: hari setelah perlakuan

Perubahan warna pada jamur patogen karena khamir juga pernah dilaporkan Indratmi *et al.* (2016). Indratmi *et al.* (2016) menyatakan bahwa miselium *Colletotrichum gloeosporioides* mengalami perubahan warna dari putih menjadi putih kecoklatan akibat senyawa volatil yang dihasilkan oleh khamir *Debaryomyces hansenii*. Wonglom *et al.* (2019) mengatakan perubahan warna yang terjadi pada jamur patogen terjadi karena senyawa volatil yang dihasilkan oleh khamir seperti alkohol dan sesquiterpene.

Senyawa volatil adalah senyawa berbau dasar karbon yang memiliki berat molekul rendah, mudah berubah menjadi gas dan menyebar di sekitarnya (Morath *et al.*, 2017). Menurut Buzzini *et al.* (2003) senyawa volatil yang dihasilkan khamir antagonis pada umumnya berupa alkohol dan ester. Senyawa volatil yang umum ditemukan pada khamir *C. tropicalis* yaitu etanol, 1-propanol, 1-pentanol, 2-metil-1-propanol, 2-metil-1-butanol, 3-metil-1-butanol, 2-feniletanol, etil butanoat, 2-pentanone, 3-octanone, etil asetat, etil propanoat, propil asetat, isobutil asetat, dan dimetil sulfide (Costa *et al.*, 2020). Setiawan *et al.* (2022) melaporkan bahwa khamir *A. pullulans* Dmg 30 DEP dapat menghasilkan senyawa volatil seperti n-Tetracosanol-1, eicosane, heneicosane, docosane, oktadekana, 1-nonadekana, octadecyl trifluoroacetate dan fenol, sehingga mampu menghambat *Alternaria solani* pada tomat.

Pengaruh Khamir terhadap Penekanan Penyakit Green Mold pada Buah Jeruk Siam

Berdasarkan pengamatan diketahui bahwa gejala awal *green mold* ditunjukkan dengan adanya gejala kebasahan dan melunaknya sekitar permukaan buah yang telah diinokulasi. Pada bagian luka buah muncul miselium berwarna putih yang semakin membesar dan mengalami perubahan warna menjadi hijau. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Aglave (2018) yang menyatakan bahwa gejala awal *green mold* akibat *P. digitatum* diawali dengan munculnya bintik kecil berair dengan diameter 5-10 mm, kemudian akan membesar hingga 2-4 cm dan

miselium akan mulai tumbuh. Setelah miselium berdiameter 2,5 cm, jamur akan mulai memproduksi spora berwarna hijau.

Hasil pengujian pengaruh khamir terhadap penekanan penyakit *green mold* menunjukkan bahwa khamir yang diuji dapat memperlambat masa inkubasi. Hal ini terlihat pada perlakuan khamir *R. minuta* Dmg 16 BE, spesies khamir ini mampu menunda gejala *green mold* muncul pada buah jeruk dengan masa inkubasi 4 hari setelah inokulasi *P. digitatum* (Tabel 3). Gejala penyakit *green mold* pada buah jeruk siam dengan perlakuan lain terjadi pada 3 hari setelah inokulasi *P. digitatum* (Tabel 3). Perlakuan kontrol negatif hingga pengamatan dihentikan pada hari ke-7 tidak menunjukkan adanya gejala *green mold* pada buah jeruk siam.

Tabel 3. Masa inkubasi penyakit *green mold* pada buah jeruk siam dengan perlakuan khamir

Perlakuan	Masa inkubasi (HSI)
<i>A. pullulans</i> Dmg 11 DEP	3
<i>R. minuta</i> Dmg 16 BE	4
<i>C. tropicalis</i> Lm 13 BE	3
Fungisida	3
Kontrol	3

Keterangan : Hari setelah inokulasi (HSI)

Aplikasi khamir *R. minuta* Dmg 16 BE pada buah jeruk siam menyebabkan masa inkubasi penyakit *green mold* akibat jamur *P. digitatum* menjadi lebih lama. Hal tersebut diduga terjadi karena khamir mampu mengolonisasi buah jeruk dengan cepat. Khamir *Rhodotorula* sp. dilaporkan mampu mencegah kolonisasi dan pertumbuhan jamur patogen pada buah yang luka dengan kemampuan kolonisasinya (Indratmi, 2018). Selain itu, khamir dapat menghambat pertumbuhan patogen dengan menekan perkecambahan spora dan menurunkan jumlah hifa pada jaringan buah (Puspitasari *et al.*, 2014). Menurut Liu *et al.* (2012) khamir dapat dengan cepat

berkembang biak pada luka buah pada saat patogen akan berkecambah dan menginfeksi.

Perlakuan khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE dan *R. minuta* Dmg 16 BE pada buah jeruk siam menyebabkan penghambatan terhadap luas gejala *green mold* akibat jamur *P. digitatum* (Gambar 3). Analisis statistik pada nilai *area under disease progress curve* (AUDPC) penyakit *green mold* akibat jamur *P. digitatum* pada buah jeruk siam memperlihatkan hasil yang berpengaruh nyata. Berdasarkan hasil uji lanjut, perlakuan khamir *R. minuta* Dmg 16 BE dengan nilai AUDPC sebesar 81,14 merupakan perlakuan dengan hasil terbaik dan

berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang memiliki nilai AUDPC sebesar 259,39 (Tabel 4).

Berdasarkan perhitungan nilai tingkat hambatan diketahui bahwa ketiga khamir yang diuji mampu menekan penyakit *green mold* yang disebabkan oleh jamur *P. digitatum* pada buah jeruk siam dengan kisaran penghambatan sebesar 28,87-68,72% (Tabel 4). Khamir *R. minuta* Dmg 16 BE menunjukkan penghambatan tertinggi dibandingkan khamir *C. tropicalis* Lm 13 BE dan *A. pullulans* Dmg 11 DEP.



Gambar 3. Pengaruh perlakuan khamir terhadap luas gejala *green mold* pada buah jeruk siam pada 5 HSP a. Perlakuan *A. pullulans* Dmg 11 DEP, b. Perlakuan *R. minuta* Dmg 16 BE, c. Perlakuan *C. tropicalis* Lm 13 BE, d. Perlakuan Fungisida, e. Kontrol, dan f. Kontrol (-)

Tabel 4. Nilai AUDPC dan tingkat penghambatan penyakit *green mold* pada buah jeruk siam dengan perlakuan khamir pada tujuh hari setelah perlakuan

Perlakuan	Luas gejala (cm)	Nilai AUDPC	Tingkat hambatan (%)
<i>A. pullulans</i> Dmg 11 DEP	47,99	184,52 ab	28,87
<i>R. minuta</i> Dmg 16 BE	22,61	81,14 a	68,72
<i>C. tropicalis</i> Lm 13 BE	37,10	128,80 ab	50,34
Fungisida	52,20	220,56 b	14,19
Kontrol	63,98	259,39 b	0,00

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji lanjut *Duncan* pada taraf nyata 5%. HSP: hari setelah perlakuan.

Penekanan penyakit *green mold* pada penelitian ini diduga disebabkan oleh mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi yang dilakukan khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *R. minuta* Dmg 16 BE, dan *C. tropicalis* Lm 13 BE. Menurut Spadaro & Dorby (2016) kompetisi ruang dan nutrisi adalah mekanisme kerja utama pada khamir sebagai mikrob antagonis terhadap jamur patogen pascapanen. Talibi *et al.* (2014) melaporkan bahwa khamir dapat memenuhi permukaan buah dengan kolonisasi secara cepat pada

luka dan mengakibatkan terbatasnya nutrisi serta tidak tersedianya nutrisi tersebut bagi pertumbuhan patogen. Pertumbuhan yang cepat pada khamir membantu pembentukan polisakarida yang dapat meningkatkan adhesi pada permukaan buah, sehingga dapat membentuk biofilm yang menutupi daerah luka (Spadaro & Droby, 2016). Melihat tingkat penghambatan jamur *P. digitatum* pada buah jeruk siam yang terjadi pada perlakuan khamir *R. minuta* Dmg 16 BE, *C. tropicalis* Lm 13 BE, dan *A. pullulans*

Dmg 11 DEP lebih tinggi dibandingkan perlakuan fungisida menunjukkan adanya potensi penggunaan khamir sebagai agens biokontrol untuk menggantikan fungisida kimia sintetis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa:

1. Khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE, dan *R. minuta* Dmg 16 BE mampu menghambat pertumbuhan *P. digitatum* secara *in vitro* dengan tingkat penghambatan berkisar 14,64%-21,02% pada metode *dual culture* dan 14,51%-34% pada uji aktivitas antijamur senyawa volatil.
2. Khamir *A. pullulans* Dmg 11 DEP, *C. tropicalis* Lm 13 BE dan *R. minuta* Dmg 16 BE dapat menekan penyakit *green mold* yang disebabkan oleh *P. digitatum* pada buah jeruk siam dengan penghambatan berkisar 28,87%-68,72% dan perlakuan *R. minuta* Dmg 16 BE merupakan perlakuan dengan tingkat penekanan tertinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Padjadjaran melalui pembiayaan Hibah Riset UNPAD Tahun 2022 skema Academic Leadership Grant (ALG) Prof. Tri Mayanti, No kontrak 2203/UN6.3.1/PT.00/2022.

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. *J. Kultivasi*, 19(1): 1015-1022, <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v19i1.22877>
- Aglave B. 2018. Handbook of Plant Disease Identification and Management. London: CRC Press. 619 p.
- Amilia E, Joy B, & Sunardi. 2016. Residu Pestisida pada Tanaman Hortikultura (Studi Kasus di Desa Cihanjuang Rahayu Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat). *J. Agrikultura*, 27(1): 23-29, <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v27i1.8473>
- Arini LDD. 2017. Faktor-Faktor Penyebab dan Karakteristik Makanan Kadalua yang Berdampak Buruk pada Kesehatan Masyarakat. *J. Teknologi dan Industri Pangan*, 2(1): 15 -24, <https://doi.org/10.33061/jitipari.v2i1.1531>
- Arzanlou M. 2014. Molecular Characterization of *Aureobasidium* Species in Iran. *Origin Res Art*, 2(2), Hal 1-6 10.18869/acadpub.Rmm. 2.2.28.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2022. Statistik Hortikultura 2021. Jakarta: Badan Pusat Statistik. 96 hlm.
- Barnett HL, & Hunter BB. 2006. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 4th Edition. Minnesota: American Phytopathological Society Press. 240 p.
- Bazioli JM, Belinato JR, Costa JH, Akiyama DY, de M. Pontes JG, Kupper KC, Augusto F, de Carvalho JE, & Fill TP. 2019. Biological Control of Citrus Postharvest Phytopathogens. *Toxins*. 11(8): 1-22, <https://doi.org/10.3390/toxins11080460>
- Buzzini P, Martini A, Cappelli F, Pagnoni UM, & Davoli P. 2003. A Study on Volatile Organic Compounds (VOCs) Produced by Tropical Ascomycetous Yeasts. *Antonie van Leeuwenhoek*. 84(4): 301-311, DOI: 10.1023/a:1026064527932
- Costa CP, Bezerra AR, Almeida A, & Rocha SM. 2020. *Candida* Species (Volatile) Metabotyping Through Advanced Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography. *Microorganisms*, 8(12): 1-23 10.3390/microorganisms8121911
- Cunha T, Ferraz LP, Sousa-Júnior GS, & Kupper KC. 2020. The Action of Yeast Strains as Biocontrol Agents Against *Penicillium Digitatum* in Lima Sweet Oranges. *Citrus Research and Technology*, 41: 1-9, <https://doi.org/10.4322/crt.18819>
- Dewi KNK, Utama IMS, & Budisanjaya IPG. 2020. Pengaruh Pembrian Uap Etanol terhadap Mutu dan Masa Simpan Buah Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour var. *Microcarpa*). *J. Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 8(1): 10-17, <https://doi.org/10.24843/JBETA.2020.v08.i01.p02>
- Díaz MA, Pereyra MM, Santander FFS, Perez MF, Córdoba JM, Alhusein M, Karlovsky P, & Dib JR. 2020. Protection of Citrus Fruits from Postharvest Infection with *Penicillium Digitatum* and Degradation of Patulin by Biocontrol Yeast *Clavispora lusitanae* 146. *Microorganisms*. 8(10): 1-12, 10.3390/microorganisms8101477
- Endarto O, & Martini E. 2016. Pedoman Budi Daya Jeruk Sehat. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika. 108 hlm.
- Haggag WM, & Mohamed HALA. 2007. Biotechnological Aspects of Microorganisms Used in Plant Biological Control. *Am-Eurasian J. Sustain. Agric*. 1(1): 7-12, <https://www.semanticscholar.org/paper/Biotechnological-aspects-of-microorganisms-used-in-Haggag-Mohamed/65186fae29bd1cfd4689bd93cfb72a3b69a76c41>
- Hanif Z. 2020. Pengembangan Agribisnis Jeruk Nasional. *Iptek Hortikultura*. (16): 27-30, <http://balitjestro.litbang.pertanian.go.id/penge-mbangan-agribisnis-jeruk-nusantara/>
- Hartati S, Wiyono S, Hidayat SH, & Sinaga MS. 2014. Seleksi Khamir Epifit sebagai Agens Antagonis Penyakit Antraknosa pada Cabai. *J.*

- Hortikultura, 24(3): 258-265, <http://dx.doi.org/10.21082/jhort.v24n3.2014.p258-265>
- Hartati S, Wiyono S, Hidayat SH, & Sinaga MS. 2015. Mode of Action of Yeast-like Fungus *Aureobasidium pullulans* in Controlling Anthracnose of Postharvest Chili. Intern. J. Sci. Basic Appl. Res. (IJSBAR). 20(2): 253-263, <https://gssrr.org/index.php/JournalOfBasicAndApplied/article/view/3563>
- Hartati S, Tarina L, Yulia E, & Djaya L. 2019. Induksi Resistensi dengan *Rhodotorula minuta* untuk Mengendalikan Antraknosa (*Colletotrichum acutatum* J. H. Simmonds) pada Tanaman Cabai. J. Agrikultura, 30(3): 91-99, <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v30i3.24874>
- Indratmi D, Sastrahidayat IR, Abadi AL, & Djauhari S. 2016. Antagonist Effect of Volatile Organic Compounds Produced by *Debaryomyces hansenii* on *Colletotrichum gloeosporoides* as Anthracnose Reason of Tropical Apples. J. Biodiv. Environ. Sci. 9(4): 133-140, <http://eprints.umm.ac.id/id/eprint/57862>
- Indratmi D. 2018. Biological Control of Chili Anthracnose Disease with *Rhodotorula* spp. Adv Eng Res, 172: 113-117, <https://doi.org/10.2991/fanres-18.2018.22>
- Jumawati R, Poerwanto R, Wiyono S, & Suketi K. 2018. Pengaruh Beberapa Khamir Antagonis terhadap Penyakit Antraknosa dan Umur Simpan pada Buah Mangga. J. Fitopatol. Indones, 14(5): 153–158, DOI: 10.14692/jfi.14.5.153
- Lestari MD, Suketi K, Widodo, & Wiyono S. 2020. Pemanfaatan Khamir Antagonis untuk Memperpanjang Umur Simpan dan Mengendalikan Penyakit Antraknosa Buah Pepaya. J. Agronomi Indonesia, 48(3): 300-306, <https://doi.org/10.24831/jai.v48i3.32167>
- Liu J, Wisniewski M, Droby S, Norelli J, Hershkovitz V, Tian S, & Farrell R. 2012. Increase in Antioxidant Gene Transcripts, Stress Tolerance and Biocontrol Efficacy of *Candida oleophila* Following Sublethal Oxidative Stress Exposure. FEMS Microbiol. Ecol, 80(3): 578–590, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2012.01324.x>
- Macarasin D, Cohen L, Eick A, Rafael G, Belausov E, Wisniewski M, & Droby S. 2007. *Penicillium digitatum* Suppresses Production of Hydrogen Peroxide in Host Tissue During Infection of Citrus Fruit. Postharvest Pathology and Mycotoxins. 97(11): 1491-1500, <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-11-1491>
- Morath SU, Boland CE, & Bennett JW. 2017. *Saccharomyces cerevisiae* as a Model for Screening The Effects of Volatile Organic Compounds. Curr. Biotechnol. 6(3): 245-251, <https://doi.org/10.2174/2211550105666160530104622>
- Nasahi C, & Clonelin RA. 2021. Effect of Betel Leaf (*Piper* sp.) Water Extracts to Control *Penicillium digitatum* Causes of Green Mold in Dekopon Citrus (*Citrus reticulata*). Cropsaver : Journal of Plant Protection, 4(1): 37-45, <https://doi.org/10.24198/cropsaver.v4i1.33913>
- Nofiani R. 2008. Urgensi dan Mekanisme Biosintesis Metabolit Sekunder Mikroba Laut. J. Natur Indonesia. 10(2): 120-125, <http://dx.doi.org/10.31258/jnat.10.2.120-125>
- Palou, L. 2013. Mini-review: Heat Treatments for the Control of Citrus Postharvest Green Mold Caused by *Penicillium digitatum*. Microbial Pathogens and Strategies for Combating Them: Science, Technology and Education, 1, pp. 508-514.
- Palou L. 2016. Non-polluting Chemical Approaches to Control Citrus Postharvest Diseases. J. Bacteriol. Mycol. 2(2): 40-41, <https://doi.org/10.15406/jbmoa.2015.02.00019>
- Puspitasari EP, Abadi AL, & Sulistyowati L. 2014. Potensi Khamir sebagai Agen Pengendali Hayati Patogen *Colletotrichum* sp. pada Buah Cabai, buncis, dan stroberi. Jurnal HPT. 2(3): 92-101, <https://jurnalhpt.ub.ac.id/index.php/jhpt/article/view/115>
- Sánchez C, & Barreiro MG. 2012. Characterization of *Aureobasidium pullulans*, a Promising Biocontrol Agent for Postharvest Diseases. Conference: 28th International Horticultural Congress. Acta Hort. 934(42): 335-342, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.934.42>
- 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(1): 28–33, <https://doi.org/10.22146/jpti.43344>
- Spadaro D, & Droby S. 2016. Development of Biocontrol Products for Postharvest Diseases of Fruit: the Importance of Elucidating the Mechanisms of Action of Yeast Antagonists. Trends Food Sci. Technol. 47: Hal 39-49, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.003>
- Spadaro D, & Droby S. 2016. Unraveling the Mechanisms Used by Antagonistic Yeast to Control Postharvest Pathogens on Fruit. Acta Hort. 1144, Hal 63-70, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1144.9>
- Sukmawati D, Family N, Hidayat I, Sayyed RZ, Elsayed EA, Dailin DJ, Hanapi SZ, Wadaan MA, & Enshasy HE. 2021. Biocontrol Activity of *Aureobasidium pullulans* and *Candida orthopsilosis* Isolated from *Tectona grandis* L. Phylloplane Against *Aspergillus* sp. in Post Harvested Citrus Fruit. Sustainability. 13(13): 1-15, <https://doi.org/10.3390/su13137479>
- Talibi I, Boubaker H, Boudyach EH, & Aoumar AAB. 2014. Alternative Methods for the Control of

- Postharvest Citrus Diseases. J. Appl. Microbiol. 117(1): 1-17, <https://doi.org/10.1111/jam.12495>
- Wang Z, Jiang M, Chen K, Wang K, Dua M, Zal'an Z, Hegyi F, & Kan J. 2018. Biocontrol of *Penicillium digitatum* on Postharvest Citrus Fruits by *Pseudomonas fluorescens*. J. Food Qual, (4): 1-10, <https://doi.org/10.1155/2018/2910481>
- Widyastuti S. 2008. Physical Interactions Between Yeast *Pichia guilliermondii* and Post-harvest Fruit Pathogen *Penicillium expansum*. J. Biosci.15(1): 27-31, <https://doi.org/10.4308/hjb.15.1.27>
- Wonglom P, Daengsuwan W, Ito S, & Sunpapao A. 2019. Biological Control of *Sclerotium* Fruit Rot of Snake Fruit and Stem Rot of Lettuce by *Trichoderma* sp. T76-12/2 and the mechanisms involved. Physiol. Mol. Plant Pathol. 107, 1-7, <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2019.04.007>
- Zahani FH, & Khaledi N. 2018. Biological Effects of Various Essential Oils on Citrus Decay Pathogens. Intern. J. New Technol. Res. 4(4): 129-139, <https://www.neliti.com/publications/263069/biological-effects-of-various-essential-oils-on-citrus-decay-pathogens>
- 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. J. Fungi. 6(3): <https://doi.org/10.3390/jof6030158>
- Zhimo VY, Dilip D, Sten J, Ravat VK, Bhutia DD, Panja B, & Saha J. 2017. Antagonistic Yeasts for Biocontrol of the Banana Postharvest Anthracnose Pathogen *Colletotrichum musae*. J Phytopathol. 165(1): 35-43, <https://doi.org/10.1111/jph.12533>

