

Uji Antagonisme *Penicillium* spp. UB Forest terhadap Patogen Penyebab Penyakit Tanaman Cabai

Anton Muhibuddin^{1*}, Farah Yaquta Yamaniar¹, Antok Wahyu Sektiono¹, Ambar Susanti²

¹Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

²Program Studi Agroekoteknologi Universitas KH.A. Wahab Hasbullah

E-mail: antonmhb@gmail.com

ABSTRAK

Cabai (*Capsicum* L.) merupakan komoditas tanaman yang banyak diminati oleh masyarakat di Indonesia, namun produktivitas cabai di Indonesia masih tergolong rendah karena terkendala juga oleh serangan penyakit yang mengakibatkan kehilangan hasil. Penyakit layu yang disebabkan oleh fungi patogen *Fusarium* sp. dan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh fungi patogen *Colletotrichum* sp. merupakan penyakit penting pada tanaman cabai. Tanaman yang terserang penyakit tersebut cenderung mengalami penurunan produktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pengendalian dan mekanisme antagonisme menggunakan *Penicillium* spp. terhadap fungi patogen *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya mulai bulan Desember 2023 sampai dengan bulan Juni 2024. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan meliputi sterilisasi alat dan bahan, pembuatan media *Potato Dextrose Agar* (PDA), isolasi fungi patogen, pemurnian fungi (antagonis dan patogen), identifikasi makroskopis dan mikroskopis, uji antagonis *in vitro*, pengamatan makroskopis dan mikroskopis, serta perhitungan persentase daya hambat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Penicillium* spp. mempunyai efektivitas kurang dari 40% (minimum) dalam menekan pertumbuhan fungi patogen *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp. Mekanisme penghambatan yang terjadi antara *Penicillium* spp. terhadap *Fusarium* sp. adalah kompetisi dan antibiosis, sedangkan mekanisme antara *Penicillium* spp. terhadap *Colletotrichum* sp. adalah kompetisi.

Kata kunci: *Colletotrichum* sp., Fungi endofit, *Fusarium* sp., *Penicillium* spp., Uji antagonis

PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum* L.) merupakan komoditas tanaman yang banyak diminati oleh masyarakat di Indonesia, hal ini dikarenakan cabai banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia sebagai bahan penyedap utama dalam campuran berbagai olahan makanan. Meningkatnya permintaan cabai juga seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkembangnya industri pangan yang menggunakan cabai sebagai bahan baku utama. Akan tetapi, produktivitas cabai di Indonesia masih tergolong rendah karena belum mampu memenuhi permintaan pasar. Hal ini disebabkan oleh banyaknya kendala yang dihadapi oleh petani, salah satunya adalah serangan penyakit yang mengakibatkan kehilangan hasil berkisar 5 sampai 30%, atau bahkan apabila serangannya parah dapat menyebabkan gagal panen (Alfia dan Haryadi, 2022). Penyakit yang berpotensi menyebabkan kegagalan produksi cabai antara lain layu fusarium, antraknosa, dan bercak daun (Sholihah *et al.*, 2020).

Penyakit layu fusarium merupakan penyakit yang disebabkan oleh cendawan patogenik *Fusarium* sp. yang menyerang tanaman melalui perakaran dalam kondisi terdapat luka. Serangan yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. dapat menimbulkan gejala pada batang tanaman, menyebabkan kehilangan banyak cairan dan berubah warna menjadi coklat, serta menyerang daun tanaman yang dalam penyebarannya dapat menyebabkan seluruh permukaan daun menguning (Alam *et al.*, 2014). Selain itu, penyakit penting

pada tanaman cabai yang banyak menimbulkan kegagalan produksi adalah antraknosa yang disebabkan oleh serangan *Colletotrichum* sp.. Gejala serangan berwarna kehitaman yang dapat meluas menjadi busuk lunak dengan titik hitam di tengahnya, sehingga serangan tersebut membuat buah menjadi kering dan keriput (Marsuni, 2020). Berdasarkan permasalahan dalam proses produksi cabai tersebut, maka perlu adanya tindakan pengendalian yang dapat mengurangi potensi serangan penyakit pada tanaman. Cara pengendalian yang masih umum dilakukan oleh petani saat ini adalah dengan memanfaatkan aplikasi fungisida dan insektisida sintetik (kimia). Akan tetapi penggunaan jangka panjang dapat membahayakan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan tindakan pengendalian yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan agens hayati seperti fungi antagonis. Penggunaan mikroorganisme antagonis sebagai agens pengendali hayati dapat menekan serangan yang menimbulkan kerusakan pada tanaman, namun tidak menyakiti tanaman maupun lingkungan (Putra dan Purwantisari, 2018). Salah satu mikroba yang dapat digunakan sebagai agens hayati adalah *Penicillium* sp. yang dapat digunakan dalam upaya pengendalian fungi patogen pada komoditas tanaman. *Penicillium* sp. merupakan fungi yang mampu menghasilkan senyawa antibiotik penisilin, yaitu golongan antibiotik yang berfungsi menghambat sintesis dinding sel bakteri, mencegah sintesis peptidoglikan yang utuh sehingga dapat membuat dinding sel menjadi lemah dan akan mengalami lisis (Adhi dan Suganda, 2020). Pada penelitian ini akan dilakukan kajian tentang efektivitas dan mekanisme antagonisme isolat *Penicillium* spp. hasil eksplorasi fungi pada penelitian terdahulu yang diperoleh dari daerah perakaran (rizosfer) tegakan pinus di Hutan Pendidikan UB Forest.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2023 sampai dengan bulan Juni 2024. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tanaman 3, Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, *laminar air flow cabinet* (LAFC), neraca analitik, bunsen, kompor listrik, panci, pengaduk, pisau/skalpel, botol scott, gelas ukur, autoklaf, jarum ose, *cork borer*, mikroskop, *slide*, dan *cover glass*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat fungi antagonis, isolat fungi patogen, jaringan, air suling steril, kloramfenikol, media *Potato Dextrose Agar* (PDA), dan spiritus termetilasi.

Persiapan Penelitian

Sterilisasi bertujuan untuk membersihkan alat dan bahan dari mikroorganisme pengontaminasi. Sterilisasi alat dilakukan dengan menggunakan autoklaf yang merupakan alat untuk proses sterilisasi alat dan bahan yang digunakan dalam mikrobiologi dengan menggunakan uap panas bertekanan. Alat yang terbuat dari kaca dan tahan panas akan dikemas dalam kertas kemudian disterilkan dengan menggunakan autoklaf. Tahap sterilisasi alat dilakukan dengan menggunakan suhu 121°C pada tekanan 15 Psi (*pounds per square inch*) atau sekitar 2 atm dengan lama waktu sterilisasi 15 menit (Syah, 2016).

Pembuatan Media Potato Dextrose Agar (PDA)

Media PDA bersifat selektif terhadap fungi. Pembuatan media PDA mengacu pada metode Utari *et al.* (2015) yaitu kentang dikupas, dicuci, kemudian dipotong dadu sebanyak 200 gr. Selanjutnya kentang direbus dalam 1000 mL air suling steril hingga mendidih, kemudian air rebusan tersebut disaring. Kemudian 20 gram agar dan 20 gram dekstrosa dilarutkan dalam masing-masing 100 ml air suling steril dan ditambahkan kloramfenikol. Larutan yang dihasilkan dicampur dengan ekstrak kentang dan direbus hingga mendidih. Setelah mendidih, dituang ke dalam botol media lalu ditutup dengan kapas dan aluminium foil. Selanjutnya direkatkan dengan plastik wrap dan disterilkan menggunakan autoklaf pada tekanan 1 atm, suhu 121°C selama 20 menit.

Isolasi Fungi Patogen

Isolasi fungi patogen merupakan salah satu proses untuk mengambil patogen dari suatu media untuk ditumbuhkan pada media buatan guna memperoleh kultur murni. Tahapan dalam mengisolasi fungi patogen yaitu menyiapkan alat dan bahan yang telah disterilkan untuk meminimalisir kontaminasi. Langkah selanjutnya adalah memotong 5 bagian tanaman yang sehat dan bergejala masing-masing dengan ukuran 5 mm. Kemudian mensterilkan bagian tanaman yang sehat dan bergejala tersebut menggunakan alkohol 70% selama 15 detik. Selanjutnya bagian tanaman tersebut dibersihkan menggunakan aquades dan dikeringkan menggunakan tisu. Setelah itu diletakkan pada media PDA dan diinkubasi selama 5 sampai 7 hari pada suhu ruang hingga fungi tumbuh. Setelah fungi tumbuh maka akan dilakukan pemurnian lebih lanjut dengan cara memindahkan fungi patogen yang tumbuh dari tahap isolasi ke dalam media PDA yang baru dan diinkubasi selama 7 hari. Setelah koloni murni fungi patogen yang diinginkan tumbuh, pengamatan makroskopis dan mikroskopis dapat dilakukan (Wakhidah et al., 2021).

Pelaksanaan Penelitian Eksplorasi Fungi Rhizosfer

1. Pemurnian

Tujuan pemurnian adalah untuk memisahkan koloni fungi target yang memiliki perbedaan berdasarkan morfologi. Isolat fungi antagonis yang digunakan adalah dua genus *Penicillium* spp. yang diperoleh dari hasil eksplorasi yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Isolat fungi patogen yang digunakan adalah *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp. Peremajaan fungi dapat dilakukan dengan mengambil sebagian hifa dari isolat fungi yang telah tumbuh pada media PDA sebelumnya, kemudian menginokulasikannya pada media PDA yang baru dalam kondisi steril untuk mendapatkan kultur murni. Kegiatan inokulasi dilakukan dengan menggunakan LAFC untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kontaminasi. Selanjutnya akan diinkubasi pada suhu ruang (28°C) selama 7 hari (Safitri et al., 2022).

2. Identifikasi Fungi

Tahapan identifikasi fungi dilakukan dengan mengamati ciri makroskopis dan mikroskopis koloni murni fungi yang tumbuh menjadi dasar untuk mengetahui jenis fungi. Identifikasi makroskopis diperoleh dengan membuat kultur murni menggunakan media PDA, dan dilakukan dengan mengamati ciri-ciri koloni murni fungi patogen yang meliputi tekstur koloni, warna koloni, dan permukaan koloni dibandingkan dengan literatur atau bahan bacaan lainnya. Identifikasi mikroskopis dilakukan dengan membuat preparat semi permanen yaitu dengan mengambil hifa fungi menggunakan jarum ose dan meletakkannya pada *slide* (kaca objek), kemudian ditutup menggunakan *cover glass*. Selanjutnya koloni dapat diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali (Wardoyo et al., 2020). Identifikasi mikroskopis dilakukan dengan mengamati ciri-ciri yang meliputi warna hifa, serta bentuk konidia dan hifa koloni murni fungi patogen yang tumbuh.

3. Uji Antagonisme In Vitro

Uji antagonisme dilakukan secara *in vitro* dengan metode *dual culture*. Metode yang dilakukan oleh Rani et al. (2022) dapat dilakukan pada cawan petri dengan diameter 9 cm yang berisi media PDA yang pada praktiknya antara fungi patogen dengan fungi antagonis yang diberi jarak 3 cm. Uji daya hambat dilakukan dengan menggunakan LAFC yang bertujuan untuk menghindari kontaminasi. Metode ini dilakukan untuk mengamati kemampuan fungi antagonis *Penicillium* spp. dalam menekan pertumbuhan fungi patogen *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp.

Pengamatan dilakukan dengan mengukur pertumbuhan fungi mulai hari kedua setelah isolasi (hsi) hingga koloni kedua fungi bertemu. Uji antagonisme *Penicillium* spp. terhadap dua fungi patogen dilakukan dengan metode kultur ganda dengan perlakuan seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Uji antagonisme *Penicillium* spp. terhadap *Fusarium* sp.

Kode	Perlakuan
P0	<i>Fusarium</i> sp. (Kontrol)
P1	<i>Penicillium</i> spp. (UBRh.P7) x <i>Fusarium</i> sp.
P2	<i>Penicillium</i> spp. (UBRh.P6) x <i>Fusarium</i> sp.

Tabel 2. Uji antagonisme *Penicillium* spp. terhadap *Colletotrichum* sp.

Kode	Perlakuan
P0	<i>Colletotrichum</i> sp. (Kontrol)
P1	<i>Penicillium</i> spp. (UBRh.P7) x <i>Colletotrichum</i> sp.
P2	<i>Penicillium</i> spp. (UBRh.P6) x <i>Colletotrichum</i> sp.

4. Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan untuk dapat mengamati mekanisme antagonisme uji antagonis antara *Penicillium* spp. dengan *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp. Pengamatan uji SEM dilakukan dengan metode yang mengacu pada Hastuti dan Rahmawati (2016) yaitu hasil uji antagonis disiapkan dengan menyiapkan *cover glass* steril dan meletakkannya pada cawan petri. Selanjutnya dilakukan pengirisan zona antagonis dengan ukuran 2 x 2 mm kemudian diletakkan pada *cover glass*, setelah itu dapat dilakukan pengeringan atau dehidrasi secara bertahap menggunakan larutan etanol yang memiliki konsentrasi 30%, 50%, 70%, 80%, 90%, dan 96% dengan cara disemprotkan kurang lebih dengan jarak 30 cm. Penyemprotan masing-masing konsentrasi etanol diberi jarak 5 menit untuk pengeringan. Setelah isolat mengering selama 4 hingga 5 hari, isolat kemudian akan ditempatkan pada dudukan spesimen atau potongan aluminium menggunakan perekat pasta perak koloid yang juga dilapisi dengan logam emas setelah proses penguapan. Selanjutnya, pengamatan dapat dilakukan menggunakan mikroskop elektron pemindaian (SEM).

5. Perhitungan *Persentase* Penghambatan

Perhitungan persentase penghambatan mengacu pada Susanti *et al.* (2022) bahwa dari pengujian antagonis antara *Penicillium* spp. dengan *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp. yang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$DH = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

DH = Persentase penghambatan (%)

r1 = Jari-jari pertumbuhan fungi patogen yang berlawanan (menjauhi) fungi antagonis

r2 = Jari-jari pertumbuhan fungi patogen yang mendekati (mendekati) fungi antagonis

6. Pengamatan Interaksi Mekanisme Antagonisme

Pengamatan interaksi mekanisme antagonisme dilakukan pada hari terakhir pengamatan dengan melihat mekanisme yang terjadi dari proses penghambatan pertumbuhan fungi patogen *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp. oleh fungi antagonis *Penicillium* sp. Pengamatan mikroskopis juga dilakukan pada hari terakhir pengamatan dengan melihat mekanisme masing-masing isolat *Penicillium* spp. dalam menghambat kedua fungi patogen tersebut, yaitu dengan mengambil sepotong hifa berukuran 1x1 cm pada daerah pertemuan kedua koloni fungi, kemudian diletakkan pada kaca objek dan ditutup menggunakan kaca penutup. Kemudian diamati menggunakan mikroskop. Berikut ini adalah kriteria mekanisme interaksi kedua fungi tersebut menurut Agustina *et al.* (2019).

- a. Kompetisi terjadi ketika koloni fungi antagonis dapat menutupi koloni fungi patogen lebih cepat dalam pengisian cawan petri.
- b. Antibiosis terjadi ketika terbentuk zona kosong antara koloni fungi antagonis dan fungi patogen, mengubah warna hifa patogen, dan menghasilkan pigmen pada permukaan koloni fungi antagonis.
- c. Parasitisme terjadi ketika hifa fungi antagonis tumbuh di atas hifa patogen, di mana hifa fungi antagonis ditemukan melilit hifa patogen dan mengalami lisis.

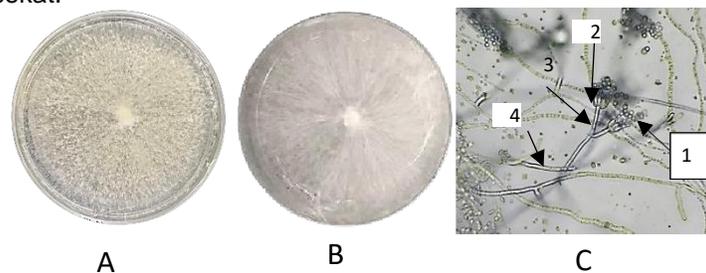
7. Analisis Data

Data hasil pengujian daya hambat fungi *Penicillium* spp. terhadap fungi patogen *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp. dianalisis dengan uji T menggunakan R Studio untuk mengetahui daya hambat antara masing-masing antagonis dan fungi pathogen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan identifikasi dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Identifikasi makroskopis meliputi warna koloni, bentuk koloni, dan tekstur koloni. Sedangkan pengamatan mikroskopis meliputi warna hifa, bentuk hifa, dan konidia dari koloni fungi murni. Isolat fungi antagonis yang digunakan tergolong dalam genus yang sama yaitu *Penicillium* spp. Dua isolat yang digunakan adalah dengan kode isolat UBRh.P7 dan UBRh.P6. Hal yang membedakan kedua isolat fungi antagonis tersebut adalah dapat dilihat dari karakteristik makroskopisnya, yaitu isolat kode UBRh.P7 memiliki koloni berwarna putih, sedangkan isolat kode UBRh.P6 memiliki koloni berwarna hijau tua.

Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis (Gambar 1A dan 1B) yang dilakukan terhadap fungi kode UBRh.P7 yang diisolasi, permukaan atas dan bawah koloni fungi berwarna putih. Bentuk koloni fungi tidak beraturan (irregular) dengan elevasi datar. Pertumbuhan fungi mampu memenuhi cawan petri berdiameter 9 cm pada suhu 7 hsi. Tekstur permukaan koloni isolat UBRh.P7 seperti kapas. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Akhsan *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa fungi *Penicillium* sp. memiliki permukaan koloni berwarna putih dan permukaan koloni seperti kapas. Hasil pengamatan mikroskopis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa isolat fungi UBRh.P7 (Gambar 1C) memiliki konidiofor yang bercabang, tidak bersekat, tegak, dan berwarna hialin. Fialid terdapat pada ujung konidiofor dengan bentuk seperti tabung yang berfungsi sebagai tempat menempelnya konidia. Isolat fungi UBRh.P7 memiliki konidia berbentuk bulat yang berkumpul membentuk rantai pada setiap fialid dan berukuran kecil. Selain itu, fungi memiliki hifa yang bersekat.



Gambar 1. Isolat fungi *Penicillium* sp. (UBRh.P7); A. pandangan makroskopis bagian depan; B. pandangan makroskopis bagian belakang; C. perbesaran mikroskopis 400 kali (1. konidia; 2. phialida; 3. konidiofor; percabangan; 4. konidiofor)

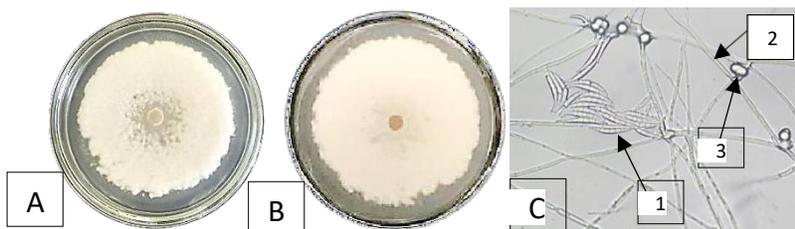
Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis (Gambar 2A dan 2B) diketahui bahwa permukaan koloni fungi berwarna hijau tua, sedangkan permukaan bawah koloni berwarna kuning dan tepi koloni berwarna putih. Bentuk koloni fungi bulat dengan elevasi yang membentuk cembung dan bagian tengah lebih menonjol (umbonat). Pertumbuhan fungi menyebar membentuk koloni bulat dan bertekstur seperti beludru. Hal ini sesuai dengan pernyataan Naveen *et al.* (2010) bahwa hasil pengamatan makroskopis yang diperoleh menunjukkan bahwa fungi yang diisolasi adalah *Penicillium* sp. dengan ciri memiliki koloni yang tampak seperti beludru dan warna pada permukaan atas koloni berwarna hijau, sedangkan bagian belakang (permukaan bawah koloni) berwarna kuning. Selanjutnya, hasil identifikasi mikroskopis yang diperoleh (Gambar 2C dan 2D) menunjukkan bahwa fungi *Penicillium* sp. dengan kode isolasi UBRh.P6 memiliki konidiofor bercabang, berwarna hialin, dan berbentuk phialid silindris. Selain itu, dapat dilihat bahwa fungi tersebut memiliki konidia berbentuk bulat, berukuran kecil, dan konidia membentuk seperti rantai. Sesuai dengan pernyataan Rai *et al.* (2016), bahwa *Penicillium* sp. warna hijau tua memiliki ciri mikroskopis yaitu konidiofor bercabang dan memiliki konidia kecil yang tersusun membentuk rantai panjang. Hifa fungi dengan kode isolasi UBRh.P6 memiliki hifa penyekat.

Isolat fungi patogen diperoleh dari hasil eksplorasi yang berlokasi di lahan cabai di Batu, kegiatan eksplorasi dilakukan dengan mengambil bagian tanaman cabai yang menunjukkan gejala layu dan antraknosa. Kegiatan identifikasi pada fungi dilakukan dengan pengamatan secara makroskopis yang meliputi warna koloni, bentuk koloni, dan tekstur koloni. Sedangkan pengamatan mikroskopis meliputi warna hifa (miselia), bentuk hifa, dan konidia koloni murni fungi patogen yang tumbuh. Terdapat dua genus fungi patogen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp.



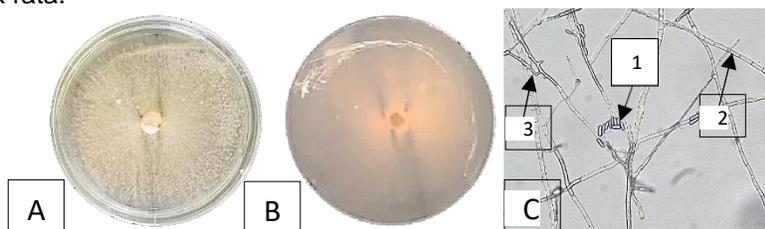
Gambar 2. Isolat fungi *Penicillium* sp. (UBRh.P6); A. tampak depan secara makroskopis; B. tampak belakang secara makroskopis; C. dan D. perbesaran mikroskopis 400 kali (1. konidia; 2. phialida; 3. percabangan konidiofor; 4. konidiofor; 5. hifa)

Berdasarkan pengamatan makroskopis menunjukkan bahwa fungi *Fusarium* sp. Warna permukaan atas koloni berwarna putih dan permukaan bawah koloni berwarna krem, tepi koloni tidak rata, permukaan koloni bergelombang, dan tekstur koloni seperti kapas. Isolat fungi *Fusarium* sp. mempunyai pertumbuhan yang cepat, hal ini ditandai dengan nilai radius yang mencapai 2,5-5,2 cm dalam waktu 3 hari. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Susanti *et al.* (2021) bahwa isolat fungi *Fusarium* sp. yang ditumbuhkan pada media PDA memiliki warna koloni putih pada permukaan atas dan kuning pada permukaan bawah, selain itu isolat *Fusarium* sp. pertumbuhannya cepat dalam 3 hari, dengan radius mencapai 4,35-5,25 cm. Berdasarkan hasil identifikasi mikroskopis menunjukkan bahwa fungi *Fusarium* sp. memiliki makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, melengkung dengan ujung meruncing, dan memiliki 5 sekat (septa). Fungi tersebut juga memiliki hifa berwarna hialin dan kladospora berpasangan berwarna hialin yang terletak di bagian tengah hifa (Gambar 3C anak panah nomor 3). Menurut Lestari *et al.* (2021) bahwa hasil pengamatan mikroskopis yang dilakukan menunjukkan bahwa makrokonidia fungi *Fusarium* sp. memiliki jumlah yang sangat melimpah, berbentuk seperti bulan sabit, melengkung, dan memiliki bentuk meruncing di bagian ujungnya.



Gambar 3. Fungi yang diisolasi dari *Fusarium* sp; A. tampak depan secara makroskopis; B. tampak belakang secara makroskopis; C. mikroskopi dengan perbesaran 400 kali (1. makrokonidia, 2. hifa, 3. klamidospora)

Hasil identifikasi makroskopis (Gambar 4A dan 4B) fungi patogen *Colletotrichum* sp. dapat dilihat bahwa fungi tersebut memiliki koloni fungi berwarna jingga dan terdapat beberapa titik hitam di bagian tengah koloni. Bentuk koloni fungi tersebut bulat, dan tepi koloni tidak rata. Menurut Murtado *et al.* (2020) bahwa koloni fungi *Colletotrichum* sp. memiliki warna jingga kekuningan. Bentuk koloni fungi tersebut bulat, dan tepi koloni tidak rata.



Gambar 4. Fungi yang diisolasi dari *Colletotrichum* sp.; A. tampak depan secara makroskopis; B. tampak belakang secara makroskopis; C. mikroskopi dengan perbesaran 400 kali (1. konidia; 2. hifa yang menyekat; 3. hifa yang bercabang)

Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis fungi patogen *Colletotrichum* sp. (Gambar 4C) menggunakan mikroskop cahaya perbesaran 400x, terlihat bahwa fungi tersebut berbentuk konidia silindris dengan ujung membulat, bersepta, dan berwarna hialin. Menurut Patejuk *et al.* (2022) bahwa dari hasil pengamatan mikroskopis diperoleh bahwa miselium fungi *Colletotrichum* sp. berwarna hialin dengan hifa bersepta dan bercabang.

Uji Daya Hambat *Penicillium* spp. terhadap *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp.

Berdasarkan hasil uji daya hambat fungi antagonis dapat diketahui bahwa *Penicillium* spp. mampu menghambat pertumbuhan patogen *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp. Hasil uji daya hambat yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai persentase tertinggi dalam menekan pertumbuhan kedua patogen tersebut terdapat pada perlakuan menggunakan fungi antagonis *Penicillium* sp. dengan kode isolat UBRh.P6, sedangkan persentase daya hambat terendah terdapat pada *Penicillium* sp. dengan kode isolat UBRh.P7 (Tabel 3 dan 4).

Tabel 3. Aktivitas antifungi *Penicillium* spp. terhadap *Fusarium* sp.

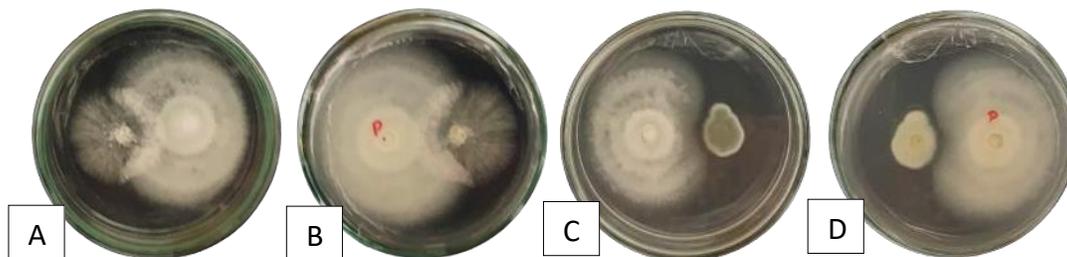
Perlakuan	Hari Setelah Inokulasi (HSI)(%)				
	1	2	3	4	5
Kontrol	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
<i>Penicillium</i> sp. UBRh.P7	00,00	5,27	8,37	12,25	16,96
<i>Penicillium</i> sp. UBRh.P6	00,00	11,48	17,06	22,47	30,34

Tabel 4. Aktivitas antifungi *Penicillium* sp. terhadap *Colletotrichum* sp.

Perlakuan	Hari Setelah Inokulasi (HSI)(%)				
	1	2	3	4	5
Kontrol	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00
<i>Penicillium</i> sp. UBRh.P7	00,00	00,00	9,98	16,00	20,29
<i>Penicillium</i> sp. UBRh.P6	00,00	00,00	19,72	26,55	31,58

Hambatan yang terjadi pada uji antagonisme *Penicillium* spp. terhadap *Fusarium* sp. mulai terlihat pada 2 hsi, dan pada uji antagonisme *Penicillium* spp. terhadap *Colletotrichum* sp. mulai terlihat pada 3 hsi. Pengamatan terakhir dilakukan pada hari ke-5 setelah inokulasi antara *Penicillium* sp. UBRh.P6 terhadap *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp. menunjukkan nilai hambatan tertinggi yaitu 30,34% dan 31,58%. Sedangkan persentase daya hambat fungi antara *Penicillium* spp. terhadap *Fusarium* sp. dan *Colletotrichum* sp. terdapat pada isolat UBRh.P7 dengan nilai hambatan masing-masing sebesar 16,96% dan 20,29%.

Berdasarkan persentase daya hambatnya, dapat dikatakan bahwa *Penicillium* spp. mempunyai kemampuan daya hambat sedang. Hal ini didukung oleh pernyataan Safitri *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa persentase daya hambatnya terbagi menjadi empat kategori, yaitu rendah dengan persentase 1-25%, sedang 26-50%, tinggi 51-75%, dan sangat tinggi 76-100%.

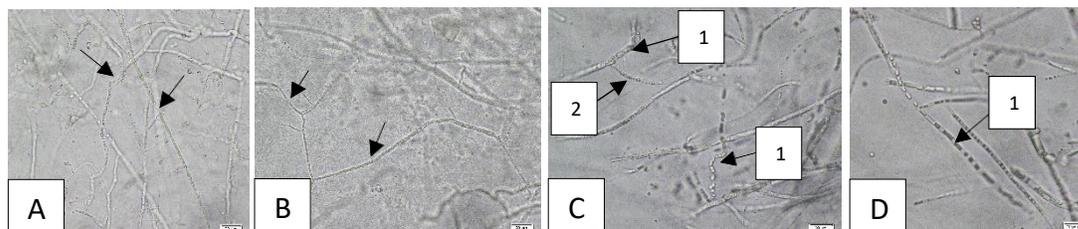


Gambar 5. Mekanisme antagonisme antara *Penicillium* spp, terhadap fungi patogen *Fusarium* sp. (A. pandangan makroskopis isolat fungi antagonis UBRh.P7; B. pandangan makroskopis isolat fungi antagonis UBRh.P7; C. pandangan makroskopis isolat fungi antagonis UBRh.P6; D. pandangan makroskopis bagian belakang isolat fungi antagonis UBRh.P6)

Persentase penghambatan yang tinggi disebabkan oleh kemampuan *Penicillium* spp. dalam menekan pertumbuhan *Fusarium* sp. secara *in vitro* melalui beberapa mekanisme. Mekanisme antagonis dengan menggunakan fungi antagonis *Penicillium* sp. terhadap fungi patogen *Fusarium* sp. yaitu kompetisi, antibiosis, lisis, atau gabungan keduanya. Berdasarkan pengamatan makroskopis yang dilakukan pada 5 pengamatan hsi menunjukkan bahwa fungi antagonis terhadap kode isolat UBRh.P7 mengalami

mekanisme penghambatan kompetisi yang ditunjukkan dengan pertumbuhan fungi patogen *Fusarium* sp. yang lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan *Penicillium* sp. (Gambar 5A dan B). Menurut Nuraini et al. (2017) bahwa pada uji antagonis antara fungi endofit *Penicillium* sp. terhadap fungi patogen *Fusarium* sp. menunjukkan adanya mekanisme kompetisi dalam memperoleh ruang tumbuh dan nutrisi yang mendukung pertumbuhan masing-masing fungi. Sedangkan fungi antagonis *Penicillium* sp. dengan kode isolasi UBRh.P6 mengalami mekanisme antibiosis yang ditunjukkan dengan adanya zona kosong antara koloni fungi patogen *Fusarium* sp. dengan fungi antagonis *Penicillium* sp. sehingga miselium patogen mengalami lisis (Gambar 5C dan D). Menurut Safitri et al. (2019) bahwa fungi antagonis *Penicillium* sp. dapat menghasilkan metabolit sekunder yaitu berupa enzim selulase yang mampu menghambat pembentukan spora pada fungi patogen *Fusarium* sp. melalui mekanisme penghambatan antibiosis.

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan secara mikroskopis menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali menunjukkan bahwa fungi antagonis *Penicillium* spp. (UBRh.P7 dan UBRh.P6) mampu merusak hifa *Fusarium* sp. yang ditunjukkan dengan kondisi hifa yang mengalami lisis (Gambar 6). Menurut Aghna et al. (2019) bahwa kerusakan pada *Fusarium* sp. akibat infeksi dari fungi lain dapat menyebabkan malformasi atau perubahan bentuk hifa seperti berkelok-kelok atau berbelit-belit, hal ini menunjukkan bahwa hifa antagonis berhasil melakukan intervensi dan penetrasi sehingga hifa fungi patogen dapat mengecil dan mati.

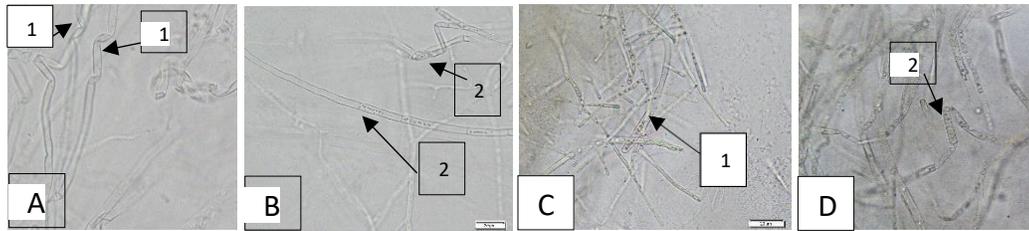


Gambar 6. Bentuk kerusakan hifa (lisis) fungi *Fusarium* sp. yang diidentifikasi secara mikroskopis dengan perbesaran 400 kali (A. dan B. uji mikroskopis *Penicillium* sp. UBRh.P7 terhadap *Fusarium* sp.; C. dan D. uji mikroskopis *Penicillium* sp. UBRh.P6 terhadap *Fusarium* sp.)

Berdasarkan mekanisme antagonisme dengan menggunakan fungi antagonis *Penicillium* spp. terhadap fungi patogen *Colletotrichum* sp. yaitu kompetisi. Berdasarkan pengamatan makroskopis yang dilakukan pada 5 kali pengamatan hsi, terlihat bahwa fungi antagonis dengan kode isolat UBRh.P7 dan UBRh.P6 mengalami mekanisme penghambatan kompetisi yang tercermin dari pertumbuhan koloni yang berkompetisi dalam memperebutkan ruang tumbuh berlebih dan nutrisi (Gambar 7). Menurut Bartholomew et al. (2022) bahwa fungi antagonis *Penicillium* sp. dapat mendominasi persaingan dengan mikroorganisme lain dengan menggunakan mekanisme kompetisi dan memperoleh nutrisi dari area yang terinfeksi.



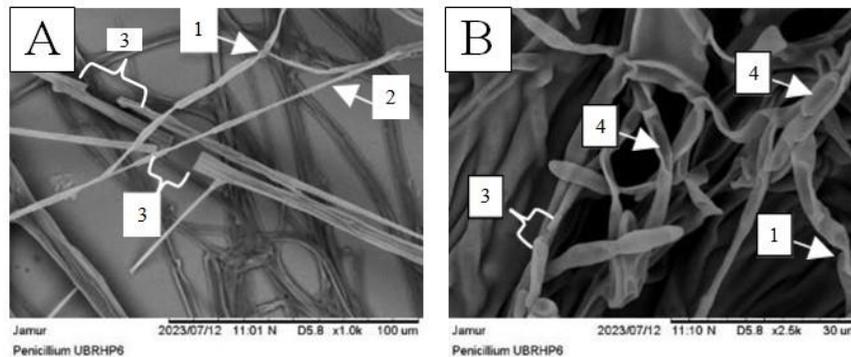
Gambar 7. Mekanisme antagonisme antara *Penicillium* spp. terhadap *Colletotrichum* sp. (A. pandangan makroskopis isolat fungi antagonis UBRh.P7; B. pandangan makroskopis isolat fungi antagonis UBRh.P7; C. pandangan makroskopis isolat fungi antagonis UBRh.P6; D. pandangan makroskopis bagian belakang isolat fungi antagonis UBRh.P6)



Gambar 8. Kerusakan hifa fungi *Colletotrichum* sp. diidentifikasi secara mikroskopis dengan perbesaran 400 kali (A. dan B. uji mikroskopis *Penicillium* sp. UBRh.P7 terhadap *Colletotrichum* sp.; C. dan D. uji mikroskopis *Penicillium* sp. UBRh.P6 terhadap *Colletotrichum* sp.; 1. malformasi pertumbuhan hifa, 2. hifa mengalami lisis)

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan secara mikroskopis menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali menunjukkan bahwa fungi antagonis *Penicillium* spp. (UBRh.P7 dan UBRh.P6) dapat menyebabkan malformasi pertumbuhan pada hifa *Colletotrichum* sp. yaitu pertumbuhan hifa menjadi tidak lurus dan arah pertumbuhannya cenderung berliku-liku, serta hifa mengalami lisis (Gambar 8). Menurut Zahara *et al.* (2021) bahwa terjadinya pertumbuhan abnormal pada hifa patogen (malformasi) disebabkan oleh adanya senyawa anti fungi yang dihasilkan oleh fungi endofit, pertumbuhan abnormal ini ditandai dengan pembengkakan dan pemendekan hifa yang menyebabkan hifa tidak berkembang dengan baik.

Hasil identifikasi pada sampel yang diberi perlakuan isolat *Penicillium* sp. UBRh.P6 terhadap patogen *Colletotrichum* sp. Hal ini juga didukung dengan pengamatan lanjutan menggunakan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk dapat melihat lebih detail bentuk kerusakan yang ditimbulkan oleh fungi antagonis. Menurut Hidayati *et al.* (2014) bahwa pengamatan menggunakan SEM bertujuan untuk dapat melihat lebih detail permukaan struktur mikroskopis suatu objek dan menampilkan hasil pengamatan secara tiga dimensi. Berdasarkan hasil uji SEM menunjukkan bahwa terjadi kerusakan pada hifa patogen *Colletotrichum* sp. yaitu berupa pertumbuhan yang tidak seperti hifa yang mengecil dan menyusut, hifa yang terputus-putus, dan mengalami lisis (Gambar 9).



Gambar 9. Hasil uji SEM untuk *Penicillium* sp. (UBRh.P6) terhadap patogen *Colletotrichum* sp. (A) Pembesaran 1000x; (B) Pembesaran 2500x (1. hifa menyusut; 2. hifa menyusut; 3. hifa terpotong; 4. hifa mengalami lisis)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji antagonis antara *Penicillium* sp. terhadap fungsi patogen *Fusarium* sp. menunjukkan hasil yang cukup efektif dengan kisaran persentase penghambatan pada isolat UBRh.P7 sebesar 5,27-16,96% dan pada isolat UBRh.P6 sebesar 11,48-30,34% dengan mekanisme penghambatan kompetisi dan antibiosis. Sementara itu, uji antagonis antara *Penicillium* spp. terhadap fungsi patogen *Colletotrichum* sp. memiliki kisaran penghambatan pada isolat UBRh.P7 *Penicillium* sp. sebesar 9,98%-20,29%, dan isolat UBRh.P6 sebesar 19,72-31,58% dengan mekanisme penghambatan kompetisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan dan semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini atas masukan dan sarannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, S. R. dan 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.
- Aghna, A., Lisnawita, dan Lahmuddin. 2019. Potensi *Fusarium* Non Patogenik untuk Mengendalikan *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense* pada Tanaman Pisang Barangan. Jurnal Agroekoteknologi FP USU, 7(2): 303-311.
- Agustina, D., Triasih Unun., M. D. Erti., dan Cahyo R.W. 2019. Potensi Jamur Antagonis Dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Botryodiplodia theobromae* Penyebab Penyakit Busuk Batang pada Tanaman Jeruk. Jurnal Agronida. 5 (1). ISSN: 2407- 9111.
- Akhsan, N., Silal, S., dan Huda, J. 2021. Identifikasi Jamur Rizosfer pada Tanaman Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.) yang Tumbuh di Dataran dan Perbukitan. Jurnal Agrifarm, 10(2): 99-104.
- Alam, A. S., Sari, W., dan Achviana, M. 2014. Uji Ketahanan Beberapa Varietas Cabai (*Capsicum annum* L.) terhadap Penyakit Layu *Fusarium* yang Disebabkan Cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*. Jurnal Agrosience, 4(1): 73-81.
- Alfia, A.D. dan Haryadi, N.T. 2022. Pengujian Konsentrasi Biofungisida Cair Berbahan Aktif *Trichoderma* sp. dalam Pengendalian Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum* sp.) pada Cabai di Lapang. Berkala Ilmiah Pertanian, 5(2): 58-64.
- Bartholomew, H. P., Bradshaw, M. J., Macarasin, O., and Gaskins, V.L. 2022. More than a Virulence Factor: Patulin is a Non-Host-Specific Toxin that Inhibits Postharvest Phytopathogens and Requires Efflux for *Penicillium* Tolerance. Phytopathology, 112(5): 1165-1174.
- Hastuti, U.S. dan Rahmawati, I. 2016. The Antagonism Mechanism of *Trichoderma* spp. Towards *Fusarium solani* Mold. Journal Pure App. Chem. Res., 5(3): 178-181.
- Hidayati, U., Chaniago, I. A., Munif, A., Siswanto, dan Santosa, D. A. 2014. Potensi Kultur Campuran Bakteri Endofit sebagai Pemacu Pertumbuhan Bibit Tanaman Karet. Jurnal Penelitian Karet, 32(2): 129-138.
- Lestari, A., Henri, Sari, E., dan Wahyuni, T. 2021. Microscopic Characterization of *Fusarium* sp. Associated with Yellow Disease of Pepper (*Piper nigrum* L.) in South Bangka Regency. Journal of Agro Science, 9(1): 1-9.
- Marsuni, Y. 2020. Pencegahan Penyakit Antraknosa pada Cabai Besar (Lokal: Lombok Galan) dengan Perlakuan Bibit Kombinasi Fungisida Nabati. Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah, 5(2): 113-116.

- Murtado, A., Mubarik, N. R., dan Tjahjoleksono. 2020. Isolation and Characterization Endophytic Bacteria as Biological Control of Fungus *Colletotrichum* sp. on Onion Plants (*Allium cepa* L.). The 3rd International Conference on Biosciences, 457: 1-9.
- Naveen, H. K. S., Kumar, G., Karthik, L., dan Rao, B. K. V. 2010. Extracellular Biosynthesis of Silver Nanoparticles using The Filamentous Fungus *Penicillium* sp. Archives of Applied Science Research, 2(6): 161-167.
- Nuraini, F.R., Setyaningsih, R., dan Susilowati, A. 2017. Screening and Characterization of Endophytic Fungias Antagonistic Agents toward *Fusarium oxysporum* on Eggplant (*Solanum melongena*). Biodiversitas, 18(4): 1377-1384.
- Patejuk, K., Czachura, P., Baturó- Clesniewska, A., Owczarek- Koscielniak, M., Pusz, W., Najberek, K., dan Platek, M. 2022. *Colletotrichum acericola* sp. nov. from Seeds of Invasive Alien Acer Negundo in Poland: Delayed Pathogen Introduction After Its Host Appearance. Research Square, pp. 1-17.
- Putra, M. B. I. dan Purwantisari, S. 2018. Kemampuan Antagonisme *Pseudomonas* sp. dan *Penicillium* sp. terhadap *Cercospora nicotianae* *In Vitro*. Jurnal Biologi, 7(3): 1-7.
- Rai, R., Kaur, B., Singh, S., Falco, M. D., Tsang, A., dan Chadha, B.S. 2016. Evaluation of Secretome of Highly Efficient Lignocellulolytic *Penicillium* sp. Dal 5 Isolated from Rhizosphere of Conifers. Bioresource Technology.
- Rani, S., Prasetyawati, E.T., dan Nirwanto, H. 2022. Potensi Bakteri *Bacillus* spp. dalam Menghambat *Colletotrichum capsici* Penyebab Antraknosa pada Cabai Merah secara *In Vitro*. Plumula, 10(1): 18-28.
- Safitri, A.L., Mukarlina, dan Zakiah, Z. 2022. Daya Hambat Isolat Jamur Rizosfer Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) terhadap Pertumbuhan Jamur Penyebab Busuk Buah Kopi (*Coffea* sp.). Jurnal Bios Logos, 12(1): 16-24.
- Safitri, N., Martina, A., dan Roza, R. M. 2019. Uji Antagonis Cendawan Isolat Lokal Riau terhadap Beberapa Cendawan Patogen pada Tanaman Budidaya. Jurnal Biologi, 12(2): 124- 132.
- Sholihah, S. M., Banu, L. S., Nuraini, A., dan Piguno, P. A. 2020. Kajian Perbandingan Analisa Usaha Tani serta Produktivitas Tanaman Cabai Rawit di Dalam Polybag dan di Lahan Pekarangan. Jurnal Ilmiah Respati, 11(1): 13-23.
- Susanti, A. N. Afifah & Ruri Febrianti, 2021. Penekanan Jamur Endofit Terhadap Patogen Pada Tanaman Jambu Bol Gondang Manis. Journal Viabel Pertanian. 15(1): 1-15
- Syah, I.S.K. 2016. Penentuan Tingkatan Jaminan Sterilitas pada Autoklaf dengan Indikator Biologi Spore Strip. Farmaka, 14(1): 59-69.
- Utari, N. M. W., Sudiarta, IP., dan Bagus, I. G. N. 2015. Pengaruh Media dan Umur Biakan Jamur *Metarhizium anisopliae* M. terhadap Tingkat Kematian Larva *Oryctes rhinoceros* L. (Scrabidae: Coleoptera). E- Jurnal Agroekoteknologi Tropika, 4(2): 160-169.
- Wakhidah, N., Kasrina, dan Bustamam, H. 2021. Keanekaragaman Jamur Patogen dan Gejala yang Ditimbulkan pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) di Dataran Rendah. Konservasi Hayati, 17(2): 63-68.
- Wardoyo, E. R. P., Anggraeni, W., Rahmawati, dan Oramahi, H. A. 2020. Aktivitas Antifungi Asap Cair dari Tandan Kosong *Elaeis guineensis* Jacq. Terhadap *Colletotrichum* sp. (WA2). Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia, 7(2): 271-279.
- Zahara, N., Soekarno, B. P. W., dan Munif, A. 2021. Uji Konsentrasi Metabolit Cendawan Endofit Asal Tanaman Kacang Tanah sebagai Penghambat Pertumbuhan *Aspergillus flavus*. Journal of Science Education, 5(1): 63-69.