



**EKSPLORASI DAN UJI POTENSI JAMUR SEBAGAI AGENS
BIOREMEDIASI RESIDU FUNGISIDA BERBAHAN AKTIF
TEBUKONAZOL SECARA *IN VITRO***

Oleh:

AYU WIKE WIDIASARI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2020**



**EKSPLORASI DAN UJI POTENSI JAMUR SEBAGAI AGENS
BIOREMEDIASI RESIDU FUNGISIDA BERBAHAN AKTIF
TEBUKONAZOL SECARA *IN VITRO***

Oleh
AYU WIKE WIDIASARI
165040200111064

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN**

**JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG**

2020

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D dan Antok Wahyu Sektiono, SP., MP. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2020

(Ayu Wike Widiasari)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Eksplorasi dan Uji Potensi Jamur sebagai Agens
 Bioremediasi Residu Fungisida Berbahan Aktif
 Tebukonazol Secara *In Vitro*

Nama Mahasiswa : Ayu Wike Widiyari

NIM : 165040200111064

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D
 NIP. 195512121980032003

Pembimbing Pendamping,

Antok Wahyu Sektiono, SP., MP
 NIP. 198410142019031004

Diketahui,
 Ketua Jurusan

Lugman Odrat Aini, SP., M.Si., Ph.D
 NIP. 197209191998021001

Tanggal Persetujuan: 21 AUG 2020

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I



Dr. Anton Muhibuddin, SP.,MP.
NIP. 197711302005011002

Penguji II



Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.
NIP. 198410142019031004

Penguji III



Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D
NIP. 195512121980032003

Penguji IV



Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS.
NIP. 195522955519811031006

Tanggal Lulus: 31 AUG 2020

RINGKASAN

Ayu Wike Widiyarsi. 165040200111064. Eksplorasi dan Uji Potensi Jamur sebagai Agens Bioremediasi Residu Fungisida Berbahasan Aktif Tebukonazol secara *In Vitro*. Dibawah bimbingan Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D sebagai Dosen Pembimbing Utama dan Antok Wahyu Sektiono, SP.,MP. sebagai Dosen Pembimbing Pendamping

Penggunaan pestisida oleh petani sebagai upaya untuk menangani permasalahan hama dan penyakit pada tanaman budidaya cenderung mengalami peningkatan. Hal ini karena penggunaan pestisida dianggap efektif. Salah satu bahan aktif pestisida yang banyak digunakan oleh petani adalah tebukonazol. Disisi lain, penggunaan pestisida secara terus menerus dan tidak bijaksana akan berdampak buruk karena dapat meninggalkan residu dan pencemaran lingkungan. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi cemaran residu pestisida. Salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan mikroba untuk mendegradasi residu pestisida yang biasa dikenal sebagai bioremediasi. Mikroorganisme tanah khususnya jamur sangat potensial sebagai agens bioremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jamur yang dapat bertahan pada lahan yang telah tercemar fungisida berbahasan aktif tebukonazol, mengetahui kemampuan adaptasinya dalam fungisida berbahasan aktif tebukonazol serta untuk mengetahui potensinya dalam mendegradasi fungisida berbahasan aktif tebukonazol secara *in vitro*.

Penelitian ini dilaksanakan pada Desember 2019-April 2020 di Laboratorium Penyakit Tumbuhan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Tahapan penelitian ini ialah eksplorasi jamur tanah pada lingkungan yang telah tercemar fungisida berbahasan aktif tebukonazol, uji adaptasi jamur terhadap fungisida berbahasan aktif tebukonazol pada berbagai konsentrasi, dan uji degradasi fungisida berbahasan aktif tebukonazol secara *in vitro* pada 5 jamur dengan hasil uji adaptasi terbaik. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak lengkap dengan 3 kali ulangan. Data yang didapatkan dianalisis dengan menggunakan Analisis Ragam. Apabila hasil yang didapatkan berbeda nyata maka dilakukan pengujian lanjut dengan menggunakan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf kesalahan 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Hasil penelitian didapatkan 10 isolat jamur yakni: *Scopulariopsis* sp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* sp.1, *Penicillium* sp.2., *Penicillium* sp.3, *Penicillium* sp.4, *Fusarium* sp., *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., dan *Papulaspora* sp. Kemudian dilakukan uji adaptasi dengan menghitung Tingkat Hambatan Relatif (THR) untuk mengetahui jamur mana yang memiliki kemampuan adaptasi terbaik. Nilai THR yang rendah mengindikasikan kemampuan adaptasi jamur yang tinggi. Berdasarkan hasil uji adaptasi seluruh jamur mampu tumbuh sampai 5 kali konsentrasi anjuran produk meskipun terjadi

penurunan kemampuan tumbuh seiring dengan peningkatan konsentrasi fungisida yang diberikan pada media PDA. Didapatkan 5 jamur dengan kemampuan beradaptasi terbaik yaitu: *Scopulariopsis* sp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* sp.1., *Penicillium* sp.2 dan *Aspergillus* sp. yang selanjutnya dilakukan uji degradasi.

Pada uji degradasi digunakan 2 kontrol yakni kontrol positif, dengan menggunakan media dan dilakukan penambahan fungisida sedangkan kontrol negatif, yakni dengan media tanpa penambahan fungisida maupun jamur. Hasil uji degradasi dari kelima jamur diketahui mampu menurunkan toksisitas dari fungisida berbahan aktif tebukonazol pada media PDA. Berdasarkan perhitungan pada isolat terbaik yakni *Penicillium* sp.1 mampu menurunkan toksisitas sebanyak 78%.



SUMMARY

Ayu Wike Widiyarsari, 165040200111064. Exploration and In Vitro Potential Test of Fungi as Bioremediator Agents of Tebuconazole Fungicide Residue. Supervised by Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D and Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.

The used of pesticide by farmers as an effort to deal with pest and disease problems in cultivated plants tends to increase. This is because the use of pesticides is considered effective to control pest and diseases. One of the active ingredients of pesticides that widely used by farmer is tebuconazole. In other hand, continuous and unwise use of pesticides will have a bad impact because it can leave residues and environmental pollution. Various efforts have been made to reduce the contamination of pesticide residues. One of them is utilizes microorganism to degrade pesticide residues commonly known as bioremediation. Soil microorganisms, especially fungi, are very potential as bioremediation agents. This research aims to obtain fungi that can survive on tebuconazole contaminated land, to know its adaptability in tebuconazole fungicide and to know its potential to degrade tebuconazole fungicides.

This research was conducted in December 2019-April 2020 at the Plant Disease Laboratory, Pest and Disease Department, Faculty of Agriculture, Brawijaya University. The stages of this research are exploration of soil fungi, adaptation test of fungi at various concentrations of fungicide and degradation test of fungi. This research used a completely randomized design with 3 replications. The data were analyzed using Analysis of Variance. If the results are significantly different then further testing use Duncan Multiple Range Test (DMRT) at an error level 5% to determine differences between treatments.

The results obtained 10 fungal isolates are: *Scopulariopsis* sp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* sp.1, *Penicillium* sp.2, *Penicillium* sp.3, *Penicillium* sp.4, *Fusarium* sp., *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., and *Papulaspora* sp. Adaptation test were observed based on relative inhibition to find out which fungi have the best adaptability. A low relative inhibition rate value indicates high adaptability of the fungus. Based on the adaptation test results, all fungi were able to grow up to 5 times recommendation concentration despite a decrease in the ability to grow in line with an increase in the concentration of fungicide given on PDA. Five fungi with best adaptability were obtained: *Scopulariopsis* sp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* sp.1., *Penicillium* sp.2 and *Aspergillus* sp. which then performed the degradation test. In the degradation test used 2 controls are positive control and negative control. Positive control using media and fungicide while negative control using media without fungicide. The results showed that five fungi can reduce the toxicity of a tebuconazole fungicide. *Penicillium* sp.1 can reduce toxicity as much as 78%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang telah diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Eksplorasi dan Uji Potensi Jamur sebagai Agens Bioremediasi Residu Fungisida Berbahan Aktif Tebukonazol” dengan baik dan lancar. Pada pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan dukungan secara moral dan materiil dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis sampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D sebagai dosen pembimbing utama.
2. Bapak Antok Wahyu Sektiono, SP., MP sebagai dosen pembimbing pendamping
3. Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
4. Kedua orang tua dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pertanian strata satu. Penulis menerima saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Malang, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.3 Hipotesis	2
1.4 Manfaat	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pestisida.....	4
2.2 Fungisida Berbahan Aktif Tebukonazol.....	6
2.3 Bioremediasi.....	7
2.4 Potensi Jamur sebagai Agens Bioremediasi	10
2.5 Mekanisme Degradasi oleh Mikroba.....	12
3. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Tahapan Penelitian	13
3.4 Parameter Pengamatan	17
3.5 Analisis Data	18
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Identifikasi Jamur	19
4.2 Kemampuan Adaptasi Jamur terhadap Fungisida Berbahan Aktif Tebukonazol.....	26
4.3 Kemampuan Jamur Mendegradasi Fungisida Berbahan Aktif Tebukonazol Secara In Vitro.....	29
5. PENUTUP.....	32

5.1 Kesimpulan..... 32

5.2 Saran..... 32

DAFTAR PUSTAKA..... 33

LAMPIRAN..... 38



DAFTAR GAMBAR

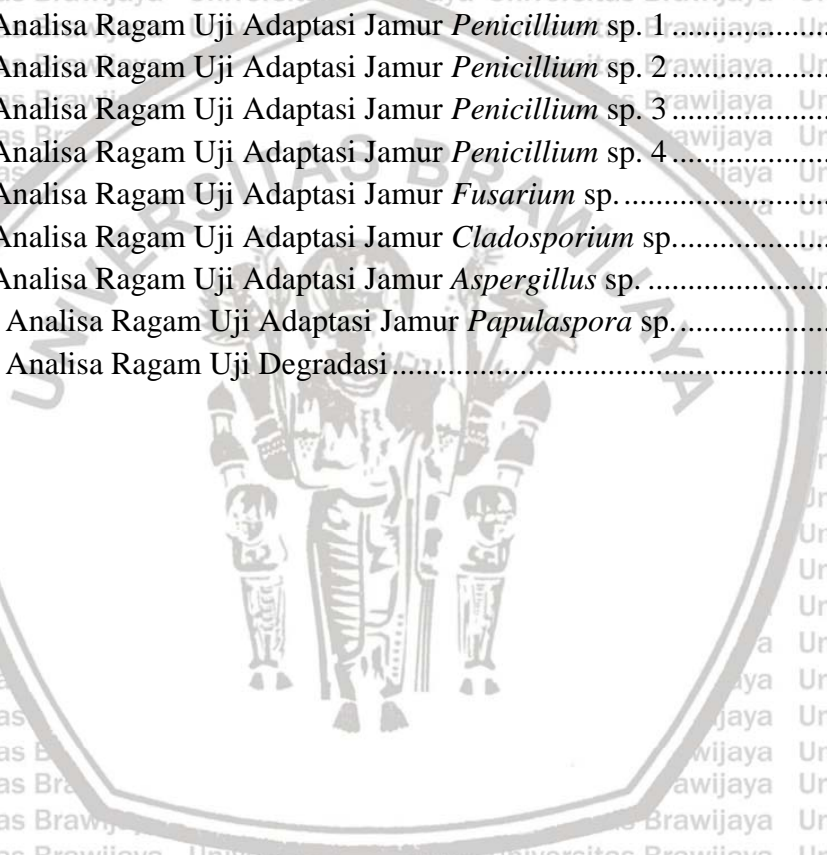
Nomor	Teks	Halaman
1.	Jamur <i>Aspergillus</i> sp. (Mukharomah <i>et al</i> , 2015).....	11
2.	Jamur <i>Scopulariopsis</i> sp.....	19
3.	Jamur <i>Paecilomyces</i> sp.....	20
4.	Jamur <i>Penicillium</i> sp.1.....	20
5.	Jamur <i>Penicillium</i> sp.2.....	21
6.	Jamur <i>Penicillium</i> sp.3.....	22
7.	Jamur <i>Penicillium</i> sp.4.....	23
8.	Jamur <i>Fusarium</i> sp.....	23
9.	Jamur <i>Cladosporium</i> sp.	24
10.	Jamur <i>Aspergillus</i> sp.....	25
11.	Jamur <i>Papulaspora</i> sp.....	25

Lampiran

1.	Koloni <i>Scopulariopsis</i> sp. pada media PDA + fungisida tebukonazol.....	42
2.	Koloni <i>Paecilomyces</i> sp. pada media PDA + fungisida tebukonazol.....	43
3.	Koloni <i>Penicillium</i> sp.1 pada media PDA + fungisida tebukonazol.....	44
4.	Koloni <i>Penicillium</i> sp.2 pada media PDA + fungisida tebukonazol.....	45
5.	Koloni <i>Penicillium</i> sp.3 pada media PDA + fungisida tebukonazol.....	46
6.	Koloni <i>Penicillium</i> sp.4 pada media PDA + fungisida tebukonazol.....	47
7.	Koloni <i>Fusarium</i> sp.4 pada media PDA + fungisida tebukonazol.....	48
8.	Koloni <i>Cladosporium</i> sp. pada media PDA + fungisida tebukonazol.....	49
9.	Koloni <i>Aspergillus</i> sp. pada media PDA + fungisida tebukonazol.....	50
10.	Koloni <i>Aspergillus</i> sp. pada media PDA + fungisida tebukonazol.....	51
11.	Koloni Jamur <i>C.capsici</i> pada uji degradasi tebukonazol secara in vitro.....	52

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Karakteristik Tebukonazol (PMRA Canada, 2016).....	7
2.	Kondisi lingkungan yang dibutuhkan mikroba.....	9
3.	Rerata Nilai Tingkat Hambatan Relatif (THR) pada Media Peracunan	27
4.	Rerata Diameter <i>C.capsisi</i> sebagai Indikator Uji Degradasi pada 7 HSI.....	30
Lampiran		
1.	Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur <i>Scopulariopsis</i> sp.....	38
2.	Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur <i>Paecilomyces</i> sp.....	39
3.	Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur <i>Penicillium</i> sp. 1.....	39
4.	Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur <i>Penicillium</i> sp. 2.....	39
5.	Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur <i>Penicillium</i> sp. 3.....	40
6.	Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur <i>Penicillium</i> sp. 4.....	40
7.	Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur <i>Fusarium</i> sp.....	40
8.	Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur <i>Cladosporium</i> sp.....	40
9.	Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur <i>Aspergillus</i> sp.....	41
10.	Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur <i>Papulaspora</i> sp.....	41
11.	Analisa Ragam Uji Degradasi.....	41



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pestisida merupakan senyawa yang banyak digunakan oleh petani untuk mengatasi permasalahan hama dan penyakit yang menyerang tanaman budidaya.

Penggunaan pestisida oleh petani setiap tahunnya cenderung mengalami peningkatan, hal ini selaras dengan terus meningkatnya jenis pestisida yang didaftarkan. Pada tahun 2014 jumlah pestisida terdaftar sebanyak 3.541, tahun 2015 menjadi 3.749 dan pada 2016 angka tersebut mencapai 3.930 (Kementerian Pertanian, 2017). Salah satu pestisida yang banyak digunakan petani adalah pestisida berbahan aktif tebukonazol.

Tebukonazol merupakan bahan aktif fungisida golongan triazol. Fungisida ini termasuk fungisida sistemik dan memiliki persistensi yang cukup tinggi yakni 796 hari (Montague, 2000). Fungisida berbahan aktif tebukonazol biasanya digunakan untuk mengendalikan penyakit moler pada bawang merah yang disebabkan jamur *Alternaria porri*, Antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum capsici* serta *Cercospora capsici* yang menyebabkan penyakit bercak daun pada tanaman cabai. Selain itu fungisida ini juga dapat digunakan untuk mengatasi penyakit bercak kering akibat serangan *Alternaria solani* pada tanaman tomat dan kentang, serta hawar pelepah daun pada padi yang disebabkan oleh jamur *Rhizoctonia solani* (Budiyanto, 2018).

Penggunaan pestisida kimia yang tidak bijaksana akan berdampak buruk karena meninggalkan residu dan pencemaran lingkungan (Puspitasari dan Khaeruddin, 2016). Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi cemaran residu pestisida. Salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan mikroba untuk mendegradasi residu pestisida yang biasa dikenal sebagai bioremediasi. Pada bioremediasi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut menjadi tidak kompleks, dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun. (Priadie, 2012). Proses bioremediasi juga dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kemampuan mikroba, tersedianya nutrisi bagi mikroba dan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan mikroba (Puspitasari dan Khoiruddin, 2016).

Beberapa mikroorganisme dilaporkan mampu mendegradasi bahan aktif pestisida. Valerie, *et al.*, (2018) melaporkan beberapa jenis jamur dapat digunakan sebagai agens bioremediasi diantaranya *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., dan *Cladosporium* sp. Mikroorganisme tanah khususnya jamur sangat potensial sebagai agens bioremediasi sehingga, perlu dilakukan eksplorasi untuk mengetahui keanekaragaman dan potensi jamur dalam mendegradasi residu fungisida berbahan aktif tebukonazol sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan cemaran lahan oleh fungisida tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah terdapat jamur yang mampu hidup pada tanah yang tercemar residu fungisida berbahan aktif tebukonazol?
2. Bagaimana kemampuan jamur hasil eksplorasi dalam beradaptasi pada berbagai konsentrasi fungisida berbahan aktif tebukonazol?
3. Bagaimana potensi jamur hasil eksplorasi dalam mendegradasi residu fungisida berbahan aktif tebukonazol?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mendapatkan jamur pada tanah yang tercemar residu fungisida berbahan aktif tebukonazol.
2. Mengetahui kemampuan jamur beradaptasi dalam berbagai konsentrasi fungisida berbahan aktif tebukonazol.
3. Mengetahui potensi jamur dalam mendegradasi residu fungisida berbahan aktif tebukonazol.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat berbagai jenis jamur yang mampu hidup pada tanah yang tercemar residu fungisida berbahan aktif tebukonazol.
2. Jamur yang terdapat pada tanah yang tercemar residu fungisida berbahan aktif tebukonazol memiliki kemampuan beradaptasi dalam berbagai konsentrasi fungisida berbahan aktif tebukonazol.

- Jamur yang terdapat pada tanah yang tercemar residu fungisida berbahan aktif tebukonazol memiliki potensi sebagai agens bioremediasi residu fungisida berbahan aktif tebukonazol.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini yaitu jamur hasil eksplorasi nantinya dapat dikembangkan sehingga mampu menjadi alternatif solusi dalam mengatasi residu fungisida yang selama ini mencemari lingkungan. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi acuan atau sumber referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pestisida

Pestisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang dipergunakan untuk memberantas atau mencegah hama-hama dan penyakit yang merusak tanaman, bagian-bagian tanaman atau hasil pertanian, memberantas rerumputan, mematikan daun dan mencegah pertumbuhan yang tidak diinginkan, dan mengatur atau merangsang pertumbuhan tanaman atau bagian tanaman tidak termasuk pupuk (Permentan, 2014). Pestisida merupakan bahan beracun yang digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) seperti serangga, patogen dan gulma. Pengaplikasian pestisida pada suatu lahan merupakan aplikasi suatu teknologi yang diharapkan dapat membantu meningkatkan produktivitas, membuat pertanian lebih efisien dan ekonomis. Namun, pemakaian pestisida yang berlebihan dan dilakukan secara terus-menerus akan berpotensi menyebabkan kerugian antara lain residu pestisida akan terakumulasi dalam produk-produk pertanian, pencemaran pada lingkungan pertanian dan perairan, penurunan produktivitas serta keracunan pada manusia dan hewan (Tuhumury *et al*, 2012).

2.1.1 Jenis Pestisida

Pestisida dapat digolongkan menjadi beberapa macam. Menurut Dadang (2006) pestisida dapat dikelompokkan berdasarkan jenis sasaran, bentuk fisik, dan cara masuknya.

- Berdasarkan sasaran

Berdasarkan jenis sasarannya, pestisida dapat dikelompokkan menjadi:

1. Insektisida : merupakan pestisida yang ditujukan untuk serangga
2. Fungisida : merupakan pestisida yang ditujukan untuk jamur
3. Akarisida : merupakan pestisida yang ditujukan untuk tungau
4. Nematisida : merupakan pestisida yang ditujukan untuk nematoda
5. Bakterisida : merupakan pestisida yang ditujukan untuk bakteri
6. Moluskisida : merupakan pestisida yang ditujukan untuk moluska
7. Termisida : merupakan pestisida yang ditujukan untuk rayap
8. Herbisida : merupakan pestisida yang ditujukan untuk gulma

9. Rodentisida : merupakan pestisida yang ditujukan untuk hewan pengerat.

- Berdasarkan bentuk fisik

Berdasarkan bentuk fisiknya pestisida dapat dikelompokkan menjadi cair, padat dan aerosol. Bentuk fisik pestisida yang paling banyak ditemukan di pasaran adalah cair dan padat.

- Berdasarkan cara masuk

Berdasarkan cara masuknya, pestisida dapat dikelompokkan menjadi:

1. Racun kontak, artinya senyawa atau bahan aktif pestisida masuk melalui kontak atau masuk ke tubuh serangga melalui dinding tubuh atau kutikula.
2. Racun perut, artinya senyawa atau bahan aktif pestisida masuk ke dalam tubuh serangga melalui proses makan dan masuk melalui pencernaan
3. Racun sistemik, artinya senyawa atau bahan aktif terserap oleh tanaman lalu ditransportasikan ke seluruh jaringan tanaman
4. Fumigan, artinya senyawa atau bahan aktif masuk ke tubuh sasaran melalui sistem pernapasan.

2.1.2 Formulasi Pestisida

Pada pembuatan pestisida, bahan terpenting yang bekerja aktif terhadap sasaran disebut bahan aktif. Namun, bahan aktif tersebut tidak dibuat secara murni tetapi bercampur sedikit dengan bahan-bahan pembawa lainnya. Produk jadi yang merupakan campuran bahan aktif dan bahan tambahan tersebut disebut formulasi.

Formulasi sangat menentukan bagaimana pestisida dengan bentuk dan komposisi tertentu harus digunakan, berapa dosis atau takaran yang harus digunakan, berapa frekuensi dan interval penggunaan, serta terhadap jasad sasaran apa pestisida dengan formulasi tersebut dapat digunakan secara efektif. Menurut Dadang (2006) berdasarkan formulasinya, pestisida dapat dikelompokkan menjadi:

1. Butiran (G/Granul), biasanya pestisida dengan formulasi bentuk ini dapat langsung diaplikasikan tanpa harus dilarutkan terlebih dahulu
2. Tepung (WP/Powder), biasanya harus dilarutkan terlebih dahulu sebelum diaplikasikan. Formulasi bentuk ini membentuk sediaan pestisida berupa suspense, sehingga sangat diperlukan pengadukan yang terus menerus karena sifat sediaan ini dapat mengendap dan dapat merusak alat aplikasi.

3. EC (Emulsifiable/ Emulsifiable Concentrates), pestisida dengan formulasi bentuk EC ini akan membentuk emulsi pada larutan semprot. Larutan ini tidak memerlukan pengadukan yang terus menerus.

4. AS, pestisida dengan formulasi ini akan membentuk larutan yang homogen setelah dicampurkan dengan air. Biasanya pestisida dengan bentuk formulasi ini adalah kelompok herbisida.

2.2 Fungisida Berbahan Aktif Tebukonazol

Fungisida merupakan salah satu cara dalam pengendalian penyakit pada sistem budidaya. Fungisida merupakan senyawa beracun untuk menghambat dan mencegah perkembangan jamur. Pengaplikasian fungisida termasuk dalam pengendalian secara kimia. Berdasarkan cara kerjanya fungisida dibedakan menjadi 3, yakni fungisida sistemik, fungisida non sistemik dan fungisida sistem lokal. Fungisida sistemik merupakan fungisida yang diabsorpsi oleh organ-organ tanaman dan ditranslokasikan ke bagian tanaman lainnya lewat aliran cairan tanaman. Fungisida non sistemik yakni fungisida yang tidak dapat diserap oleh jaringan tanaman, namun hanya membentuk lapisan penghalang di permukaan daun tanaman sehingga menghambat pertumbuhan spora dan miselia. Sedangkan fungisida sistem lokal yaitu fungisida yang diabsorpsi oleh jaringan tanaman tetapi tidak ditransformasikan ke bagian tanaman lainnya (Djojosumarto, 2000).

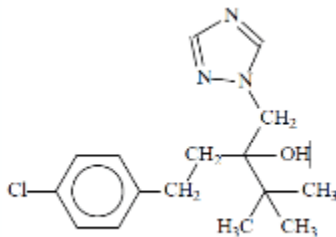
2.2.1 Karakteristik Bahan Aktif Tebukonazol

Bahan aktif adalah bahan kimia sintetik atau bahan alami yang terkandung dalam formulasi pestisida yang memiliki daya racun atau pengaruh biologis lain terhadap organisme sasaran (Permentan, 2014). Tebukonazol merupakan fungisida golongan triazol yang pertama kali ditemukan pada 1994 (FAO, 2003).

Tebukonazol bekerja secara sistematis dan dapat diaplikasikan untuk beragam penyakit tanaman mulai dari sayur-sayuran sampai buah-buahan. Tebukonazol masuk ke dalam metabolisme organisme sehingga menghambat terjadinya biosintesis dari sterol. Sterol terbentuk dari lapisan sel jamur dan sangat penting untuk keseimbangan pertumbuhan. Tebukonazol bekerja dengan memblokir jalan untuk sintesis sterol. Hasil dari intervensi pada fungsi lapisan ini secara pasti akan menyebabkan kematian untuk jamur patogen (Budiyanto, 2018). Berikut merupakan karakteristik bahan aktif tebukonazol.

Tabel 1. Karakteristik Tebukonazol (PMRA Canada, 2016)

Nama Umum	Tebukonazol
Nama Kimia	IUPAC : <i>rac</i> -(3 <i>R</i>)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-3-(1 <i>H</i> -1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan-3-ol CAS: α -[2-(4-chlorophenyl)ethyl]- α -(1,1-dimethylethyl)-1 <i>H</i> -1,2,4-triazole-1-ethanol

Rumus StrukturRumus molekul C₁₆H₂₂ClN₃O

Massa molekul 307,8

2.2.2 Permasalahan Residu Fungisida Berbahan Aktif Tebukonazol

Permasalahan mengenai residu fungisida berbahan aktif tebukonazol di Indonesia belum banyak dilaporkan. Namun residu tebukonazol telah menjadi permasalahan di berbagai negara di Eropa. Berbagai Negara dengan tingkat penggunaan fungisida berbahan aktif tebukonazol secara intensif antara lain Inggris, Denmark, Italia, Spanyol, Hungaria dan Polandia. Pada lahan pertanian di beberapa negara tersebut dilaporkan residu tebukonazol dengan tingkat cemaran antara 0,16-0,31 mg/kg. Penggunaan fungisida secara intensif merupakan ancaman bagi kesehatan tanah. Adanya kontaminasi pada tanah menimbulkan kekhawatiran akan fungsi tanah, keanekaragaman hayati tanah dan keamanan pangan (Silva *et al*, 2019).

2.3 Bioremediasi**2.3.1 Pengertian Bioremediasi**

Remediasi merupakan proses dekontaminasi air dan tanah dari senyawa yang berbahaya, seperti hidrokarbon, poliaromatik hidrokarbon (PAH), *Persistent Organic Pollutant* (POP), logam berat, pestisida dan lain-lain. Sementara

bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme pada proses remediasi. Bioremediasi merupakan proses penguraian limbah organik/anorganik yang bersifat polutan melalui penggunaan organisme seperti bakteri, jamur, dan tanaman dalam mengendalikan pencemaran pada kondisi terkontrol menjadi suatu bahan yang tidak berbahaya atau konsentrasinya di bawah batas yang ditentukan oleh lembaga berwenang dengan tujuan mengontrol atau mereduksi bahan pencemar dari lingkungan (Puspitasari dan Khaeruddin, 2016).

Bioremediasi merupakan penggunaan suatu mikroorganisme yang telah dipilih untuk ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai upaya untuk menurunkan kadar polutan tersebut. Pada saat proses bioremediasi berlangsung, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut, disebut biotransformasi. Pada banyak kasus, biotransformasi berujung pada biodegradasi, dimana polutan beracun terdegradasi, strukturnya menjadi tidak kompleks, dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun. Saat ini, bioremediasi telah berkembang pada pengolahan air limbah yang mengandung senyawa-senyawa kimia yang sulit untuk didegradasi dan biasanya dihubungkan dengan kegiatan industri, antara lain logam-logam berat, petroleum hidrokarbon, dan senyawa-senyawa seperti pestisida dan herbisida (Priadie, 2012).

Bioremediasi merupakan pengembangan dari bidang bioteknologi lingkungan dengan memanfaatkan proses biologi dalam mengendalikan pencemaran (Sugiman, 2013). Tujuan dari bioremediasi adalah penggunaan dan pengembangan organisme tertentu yang dapat bertahan terhadap pengaruh racun dan polutan sehingga dapat bekerja untuk mendegradasi senyawa-senyawa beracun menjadi senyawa yang ramah lingkungan.

2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Bioremediasi

Faktor yang mempengaruhi proses bioremediasi menurut Puspitasari dan Khoiruddin (2016) adalah mikroba, nutrisi dan lingkungan.

a. Mikroba

Mikroba memiliki kemampuan untuk mendegradasi, mentransformasi dan menyerap senyawa pencemar. Mikroba yang digunakan dapat berasal dari golongan fungi, bakteri, ataupun mikroalga.

b. Nutrisi

Jenis nutrisi yang dibutuhkan bagi mikroba, diantaranya unsur karbon (C), Nitrogen (N), Posfor (P) dan lain lain. Perbandingan C:N:P yang optimum untuk pertumbuhan mikroba adalah 100:10:1.

c. Lingkungan

Pertumbuhan dan aktivitas mikroba sangat bergantung terhadap kondisi lingkungan. Berikut merupakan kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan dan aktivitas mikroba.

Tabel 2. Kondisi lingkungan yang dibutuhkan mikroba

No.	Parameter	Kondisi optimum untuk aktivitas mikroba
1.	Kelembaban tanah	25-28%
2.	pH	5.5-8.8
3.	Kandungan oksigen	Aerobik dengan minimum udara yang terisi pada pori-pori tanah 10%
4.	Suhu	15-45°C

2.3.3 Macam-macam Bioremediasi

Berdasarkan metodenya, bioremediasi dibagi menjadi dua (Vidali, 2001), yaitu:

a. Bioremediasi in situ, merupakan metode bioremediasi yang mengaplikasikan mikroorganisme langsung pada tanah atau air dengan kerusakan yang minimal. Bioremediasi secara in situ terbagi atas:

- *Bioinventing*, merupakan teknik perlakuan bioremediasi yang paling umum dilakukan yang meliputi penambahan oksigen dan nutrisi pada tanah yang terkontaminasi untuk menstimulasi mikroorganisme indigenous.
- *Biosparging*, dilakukan dengan cara menginjeksi udara dibawah tekanan untuk meningkatkan konsentrasi oksigen dan kecepatan degradasi oleh mikroorganisme
- *Bioaugmentation*, dilakukan dengan cara menambahkan mikroorganisme indigenous atau exogenous pada tanah yang terkontaminasi.

b. Bioremediasi ex situ, merupakan metode pengaplikasian mikroorganisme pada tanah atau air terkontaminasi yang telah dipindahkan dari tempat asalnya. Bioremediasi secara ex situ terdiri atas:

- *Landfarming*, merupakan teknik bioremediasi yang dilakukan dengan menggali dan memindahkan tanah yang terkontaminasi pada lahan khusus yang secara periodic diamati sampai polutan terdegradasi.
- *Composting*, merupakan teknik bioremediasi yang dilakukan dengan mengkombinasikan tanah yang terdegradasi dengan tanah yang mengandung pupuk atau senyawa organik yang dapat meningkatkan populasi mikroorganisme.
- *Biopiles*, merupakan perpaduan antara *landfarming* dan *composting*.
- *Bioreactor*, merupakan teknik bioremediasi yang menggunakan *aquaeous reactor* pada tanah atau air yang terkontaminasi.

2.4 Potensi Jamur sebagai Agens Bioremediasi

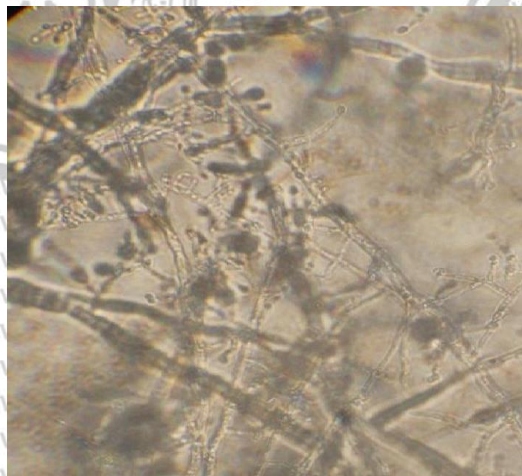
Berbagai mikroba tanah merupakan komponen penting dalam ekosistem tanah karena mikroba tersebut memiliki peran utama dalam siklus nutrisi, mempertahankan struktur tanah, dan juga mengatur pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme. Mikroba adalah agen biologis utama yang mampu menghilangkan limbah dan bahan-bahan yang merusak, termasuk pestisida. Pemanfaatan mikroba dalam teknologi remediasi sangat menjanjikan karena tidak menghasilkan polusi sekunder dan menunjukkan efisiensi yang tinggi. Pada umumnya, penggunaan mikroba untuk menghilangkan atau mendegradasi residu pestisida dari lahan pertanian melalui degradasi enzimatis (Vladimir *et al*, 2011).

Jamur merupakan organisme yang bersifat heterotrof, berdinding sel yang mengandung kitin, tidak berplastid, dan umumnya memiliki hifa yang berinti banyak (multinukleat) atau berinti tunggal (mononukleat) (Gandjar, et al., 2006). Jamur tersusun dari hifa yang merupakan benang-benang sel tunggal panjang, sedangkan kumpulan hifa disebut dengan miselium. Miselium merupakan massa benang yang cukup besar dibentuk dari hifa yang saling membelit pada saat jamur tumbuh. Jamur mudah dikenal dengan melihat warna miseliumnya (Volk and Wheeler, 1993).

Hifa jamur merupakan benang halus yang merupakan bagian dari dinding tubuler yang mengelilingi membran plasma dan sitoplasma. Pada satu koloni jamur ada hifa yang menjalar dan ada hifa yang menegak. Biasanya hifa yang menegak ini menghasilkan alat-alat pembiak yang disebut spora, sedangkan hifa

yang menjalar berfungsi untuk menyerap nutrisi dari substrat dan menyangga alat-alat reproduksi. Hifa yang menjalar disebut hifa vegetatif dan hifa yang tegak disebut hifa fertil. Pertumbuhan hifa berlangsung terus-menerus di bagian apikal, sehingga panjangnya tidak dapat ditentukan secara pasti. Diameter hifa umumnya berkisar 3-30 μm . Jenis jamur yang berbeda memiliki diameter hifa yang berbeda pula dan ukuran diameter itu dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan (Carlile and Watkinson, 1994).

Secara alamiah jamur dapat berkembang biak dengan dua cara, yaitu secara aseksual dan seksual. Reproduksi secara aseksual dapat terjadi melalui beberapa cara yaitu dengan fragmentasi miselium, pembelahan (fission) dari sel-sel somatik menjadi sel-sel anakan, tunas (budding) dari sel-sel somatik atau spora yang pada setiap tunas dapat membentuk individu baru, dan pembentukan spora aseksual. Pada pembentukan spora aseksual ini, tiap spora akan berkecambah membentuk hifa yang selanjutnya berkembang menjadi miselium. Sementara itu, reproduksi secara seksual melibatkan peleburan dua inti sel yang kompatibel. Proses reproduksi secara seksual terdiri dari tiga fase yaitu plasmogami, kariogami dan meiosis. Plasmogami merupakan proses penyatuan antara dua protoplasma yang segera diikuti oleh proses kariogami (persatuan antara dua inti). Fase meiosis menempati fase terakhir sebelum terbentuk spora. Pada fase tersebut dihasilkan masing-masing sel dengan kromosom yang bersifat haploid (Alexopoulos dan Mimms, 1979).



Gambar 1. Jamur *Aspergillus* sp. (Mukharomah *et al*, 2015)

Beberapa jamur dilaporkan mampu mendegradasi residu pestisida berbahan aktif klorpirifos diantaranya adalah *Phanerochaete cryosporum*, *Aspergillus* sp, *Trichoderma harzianum*, *Penicilium brevicompactum* dan jamur *Cladosporium cladosporioides* yang mampu mendegradasi 50 mg/l klorpirifos dalam waktu 5 hari (Singh *et al.*, 2011). Selain itu jamur *Aspergillus niger* juga memiliki potensi dalam mendegradasi Deltametrin sebanyak 90,2% dalam waktu 10 hari (Subowo, 2012). Jamur pelapuk putih (*Phanerochaete* sp.) dapat mendegradasi kandungan insektisida karbofuran sebesar 6-22% (Chanif *et al.*, 2015), *Corious versicolor* (Bending *et al.*, 2002), *Beauveria bassiana* dan *Aspergillus niger* dapat mendegradasi senyawa diuron (Tixier *et al.*, 2001).

2.5 Mekanisme Degradasi oleh Mikroba

Beberapa mikroba khususnya jamur tanah mampu menguraikan pestisida menjadi senyawa yang tidak beracun. Seperti dilaporkan oleh Dietz *et al.*, (2009) di tanah deltamethrin didegradasi oleh mikroba secara aerob. Proses degradasi dimulai dengan proses gugus nitril (CN) menghasilkan deltametrin amida (D-COOH). Selanjutnya diikuti proses oksidasi menghasilkan deltametrin asam karboksilat (D-COOH) kemudian terjadi pemecahan ester, oksidasi dan mineralisasi menghasilkan CO₂.

Mekanisme biodegradasi pada kelompok jamur pelapuk putih adalah dengan menggunakan sistem degradasi lignin dengan menggunakan enzim. Tiga jenis enzim utama yang dihasilkan oleh jamur ini adalah lignin peroksidase, Mn-dependent peroksidase, dan Lakkase. Reaksi utama yang dikatalisasi oleh enzim ligninolitik termasuk dipolimerasi, demetoksilasi, dan dekarboksilasi, hidroksilasi dan pembukaan lingkaran aromatik (Donowati dan Tjokrokusumo, 2008).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya pada bulan Desember 2019 sampai dengan April 2020.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cetok, baskom, tabung reaksi, rak tabung reaksi, kotak es, *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC), Stik L, bunsen, *autoclave*, jarum Ose, botol media, gelas ukur, labu Erlenmeyer, mikroskop, *object glass*, *cover class*, pengaduk, pipet tetes, pisau, mikropipet, tip, *rotary shaker*, cockborer, spatula, pinset, cawan Petri, korek api, kompor, panci, timbangan analitik., corong, spidol, penggaris, gunting, dan kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah yang terkandung fungisida tebukonazol, isolat patogen *Colletotrichum capsici*, media PDA (*Potato Dextrose Agar*), media PDB (*Potato Dextrose Broth*), alkohol 70%, NaOCl 1%, aquades steril, spirtus, tisu steril, aluminium foil, plastik tahan panas, kertas label, plastik wrap, chloramphenicol dan fungisida dengan bahan aktif tebukonazol.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilaksanakan meliputi persiapan penelitian dan pelaksanaan penelitian. Persiapan penelitian ini terdiri dari sterilisasi alat, pembuatan media buatan, pengambilan sampel tanah yang tercemar residu fungisida berbahan aktif tebukonazol. Sementara itu pelaksanaan penelitian meliputi isolasi dan pemurnian jamur, identifikasi jamur hasil eksplorasi, isolasi jamur patogen, pembuatan *stock culture*, pembuatan larutan stok fungisida, uji adaptasi jamur terhadap fungisida berbahan aktif tebukonazol, dan uji degradasi bahan aktif tebukonazol oleh jamur secara *in vitro*.

3.3.1 Persiapan Penelitian

Sterilisasi Alat. Sterilisasi alat dilakukan agar peralatan yang digunakan selama penelitian tidak terkontaminasi oleh mikroorganisme yang tidak diinginkan. Sterilisasi dilakukan menggunakan *autoclave* dan menggunakan Alkohol 70%. Alat-alat yang disterilisasi dengan menggunakan *autoclave* yaitu cawan Petri, tabung reaksi, gelas ukur, labu Erlenmeyer dan alat-alat yang tahan

panas. Sebelum dilakukan sterilisasi dengan menggunakan *autoclave* terlebih dahulu alat-alat tersebut dicuci bersih. Proses *autoclave* dilakukan pada temperature 121°C dan tekanan 1,5 atm selama 20 menit (Syah, 2016).

Pembuatan Media Buatan. Media yang digunakan dalam penelitian ini yaitu media PDA dan PDB. Media PDA digunakan untuk isolasi dan purifikasi jamur pada tanah, isolasi dan purifikasi patogen, dan uji adaptasi jamur pada fungisida. Pada pembuatan media PDA diperlukan bahan-bahan diantaranya adalah kentang 200 gram, dextrose 20 gr, agar 20 gram dan aquades 1000 ml. Kentang yang sudah dikupas dicuci bersih dan dipotong-potong setebal kurang lebih 1x1 cm. Kemudian kentang dimasukkan dalam aquades dan direbus selama kurang lebih 10-15 menit. Selanjutnya agar-agar dan dextrose ditambahkan dan direbus kembali sambil diaduk secara kontinu agar homogen (Masnun, 2019). Setelah itu ditambahkan *chloramphenicol* dan dihomogenkan. Media yang sudah homogen dimasukkan dalam Erlenmeyer, ditutup dengan menggunakan aluminium foil dan *plastic wrap*, lalu disterilisasi dengan *autoclave*. Kemudian media dituang pada cawan petri dan ditutup dengan menggunakan *plastic wrap*.

Media Potato Dextrose Broth (PDB) digunakan untuk persiapan uji degradasi oleh jamur yakni pada saat penggojokan. Pembuatan media PDB mengacu pada penelitian Maharani, *et al* (2014). Bahan yang digunakan dalam pembuatan media PDB antara lain 200 gram kentang, 20 gram dextrose, 1000 ml aquades dan *chloramphenicol*. Kentang yang sudah dikupas dicuci bersih dan dipotong-potong setebal kurang lebih 1x1 cm. Kemudian kentang dimasukkan dalam aquades dan direbus sampai lunak. Lalu air rebusan disaring dan ditambahkan aquades sampai volume 1000 ml. Selanjutnya dextrose ditambahkan setelah sari kentang mendidih. Setelah itu ditambahkan *chloramphenicol*. Lalu media dituang ke dalam Erlenmeyer dan disterilkan menggunakan *autoclave*.

Pengambilan Sampel Tanah. Pengambilan sampel tanah yang mengandung residu fungisida berbahan aktif tebukonazol dilakukan di pertanaman kentang di desa Sumber Brantas Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara acak. Tanah diambil dengan menggunakan cetok. Tanah yang diambil sebanyak 5 titik sampel secara diagonal

pada kedalaman 0-10 cm (Setiyo, et al., 2014). Selanjutnya sampel tanah tersebut dimasukkan dalam plastik bening.

3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

Isolasi dan Pemurnian Jamur. Metode isolasi jamur mengacu pada penelitian Purwantisari dan Hastuti (2009). Sampel tanah diambil sebanyak 1 gram lalu disuspensikan dalam 10 ml aquades steril lalu digojok selama 20 menit. Selanjutnya dilakukan pengenceran bertingkat sampai pengenceran 10^{-5} . Pengenceran bertingkat dilakukan dengan mengambil 1 ml suspensi yang berisi isolat hasil shaker, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi aquades sebanyak 9 ml dan diencerkan dengan seri pengenceran 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , dan 10^{-5} . Kemudian diambil 200 μ m dan diinokulasikan pada media padat PDA pada cawan petri dengan metode sebar (*spread plate*) dengan menggunakan stik L dan dihomogenkan sampai suspensi tersebar merata. Setelah itu diinkubasi selama 5-7 hari. Untuk mendapatkan biakan murni maka dilakukan pemurnian dengan cara memindahkan satu koloni jamur pada media PDA yang baru.

Identifikasi Jamur. Jamur yang telah dipurifikasi dilakukan identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Identifikasi secara makroskopis dilakukan dengan mengamati koloni jamur pada cawan Petri, warna koloni dan tekstur koloni. Sedangkan identifikasi secara mikroskopis dilakukan dengan mengamati morfologi hifa, konidia, serta ciri spesifik lain. Identifikasi dilakukan sampai ke tingkat genus yang mengacu pada buku *Illustrated Genere of Imperfect Fungi* (Barnet dan Hunter, 1998) dan *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species* (Watanabe, 2002).

Isolasi Jamur Patogen. Jamur patogen yang digunakan dalam penelitian ini merupakan salah satu jamur patogen sasaran dari fungisida berbahan aktif tebukonazol yakni *Colletotrichum capsici*. Jamur patogen ini digunakan sebagai parameter dari uji degradasi bahan aktif tebukonazol oleh jamur secara in vitro. Metode isolasi jamur mengacu pada penelitian Sudirga (2016). Patogen *Colletotrichum capsici* diambil dari buah cabai yang menunjukkan gejala terserang *Colletotrichum capsici*. Buah cabai dicuci dengan air mengalir dan dipotong kecil dengan setengah sakit setengah sehat berukuran kurang lebih 1x1 cm. Selanjutnya potongan tersebut direndam dalam NaOCl 2%, alkohol 70%, dan

aquades steril sebanyak 2 kali masing-masing selama 1 menit lalu ditiriskan pada tisu steril, kemudian ditanam pada media PDA secara aseptik. Inkubasi dilakukan hingga koloni patogen tumbuh pada media. Jamur yang memiliki ciri-ciri sama dengan *Colletotrichum capsici* mengacu pada buku Illustrated Genera of Imperfect Fungi (Barnett dan Hunter, 1998) dilakukan pengujian patogenitas.

Pembuatan Stock Culture. Pada pembuatan stok kultur jamur dibuat dengan dua cara. Pertama, jamur dibiakkan pada media PDA yang lebih tebal sehingga penyimpanannya lebih tahan lama. Stok jamur ini digunakan untuk uji adaptasi. Sedangkan cara yang kedua dibiakkan dalam media cair PDB kemudian dikocok dengan rotary shaker selama 7 hari. Stok jamur ini digunakan pada uji degradasi secara *in vitro*.

Uji Adaptasi Jamur Terhadap Fungisida Berbahan Aktif Tebukonazol. Metode yang akan digunakan pada uji adaptasi ini adalah metode umpan beracun yang mengacu pada penelitian Dwiastuti dan Iqbal (2014). Uji adaptasi ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan adaptasi jamur hasil isolasi terhadap media tumbuh yang telah diracuni berbagai konsentrasi fungisida berbahan aktif tebukonazol. Uji adaptasi menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 3 kali ulangan. Adapun komposisi media umpan beracun yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah 0; 1; 2; 3; 4 dan 5 g/l konsentrasi pada masing-masing media PDA dengan volume 100 ml kemudian diaduk sampai larut. Setelah homogen, media PDA di-*plating* pada cawan Petri. Selanjutnya jamur hasil eksplorasi ditanam pada masing-masing media dan dilakukan pengamatan diameter koloni jamur pada 7 HSI. Jamur yang memiliki kemampuan tumbuh yang baik pada berbagai konsentrasi fungisida merupakan jamur yang berpotensi sebagai agens bioremediasi.

Uji Degradasi Bahan Aktif Tebukonazol oleh Jamur. Jamur yang diujikan merupakan 5 jamur terbaik berdasarkan hasil uji adaptasi. Sebelum dilakukan uji degradasi secara *in vitro* dengan menggunakan patogen, *stock culture* jamur terlebih dahulu ditambahkan fungisida dengan konsentrasi sesuai anjuran produk yakni 1 gr/l dan dikocok dengan *rotary shaker* selama 10 hari.

Selanjutnya suspensi tersebut ditambahkan agar dan dituang dalam cawan Petri.

Miselium jamur *Colletotrichum capsici* diletakkan dengan menggunakan

cockborer di tengah cawan Petri. Kemudian diinkubasi selama 7 hari dan diamati dengan cara mengukur diameter jamur patogen. Pada uji degradasi ini menggunakan 2 kontrol yaitu kontrol positif dengan menggunakan media PDB sebanyak 100 ml yang ditambahkan fungisida tanpa adanya penambahan jamur dan kontrol negatif dengan pemberian media PDB tanpa penambahan fungisida atau jamur. Parameter pengamatan untuk uji degradasi secara *in vitro* ini adalah diameter pertumbuhan dari *Colletotrichum capsici*. Semakin besar penurunan toksisitas fungisida tebukonazol maka diameter pertumbuhan *Colletotrichum capsici* juga semakin besar pula. Sebaliknya jika semakin kecil penurunan toksisitas maka diameter pertumbuhan *Colletotrichum capsici* juga semakin kecil. Rancangan yang digunakan pada uji ini adalah Rancangan Acak Lengkap dengan 3 kali ulangan.

3.4 Parameter Pengamatan

Diameter Koloni Jamur. Diameter koloni jamur merupakan indikator pertumbuhan dari jamur. Pengukuran diameter koloni dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan jamur untuk tumbuh pada media yang tidak sesuai. Pengukuran diameter koloni jamur dilakukan pada uji adaptasi dan uji degradasi. Pada uji adaptasi dilakukan pengukuran jamur hasil eksplorasi sedangkan pada uji degradasi dilakukan pengukuran diameter jamur patogen yakni *Colletotrichum capsici*. Pengukuran diameter koloni jamur *C.capsici* pada uji degradasi bertujuan untuk melihat hasil degradasi dari bahan aktif fungisida tebukonazol yang ditandai dengan penurunan toksisitas tebukonazol yaitu dengan melihat pertumbuhan diameter *C.capsici*. Pengukuran diameter koloni dilakukan dengan membuat garis vertikal dan horizontal pada bagian bawah cawan Petri berpotongan tepat pada titik tengah koloni jamur sehingga diperoleh rata-rata diameter koloni. Menurut Mu'min (2017) pengukuran diameter koloni dilakukan berdasarkan rumus berikut:

$$D = \frac{d1+d2}{2}$$

Keterangan:

d1 = diameter pertumbuhan secara vertical

d2 = diameter pertumbuhan secara horizontal

Tingkat Hambatan Relatif (THR). Tingkat hambatan relatif menunjukkan tingkat sensitivitas jamur terhadap bahan aktif fungisida. Semakin tinggi nilai THR maka semakin tinggi pula tingkat sensitivitas jamur tersebut terhadap suatu bahan aktif fungisida. Pengukuran tingkat hambatan relatif dilakukan pada uji adaptasi jamur terhadap fungisida berbahan aktif tebukonazol.

Pengukuran THR didasarkan pada Adrianiv, *et al* (2017) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{THR} = \frac{d1-d2}{d1} \times 100\%$$

Keterangan:

d1 = diameter koloni jamur pada kontrol

d2 = diameter koloni jamur pada perlakuan

3.5 Analisis Data

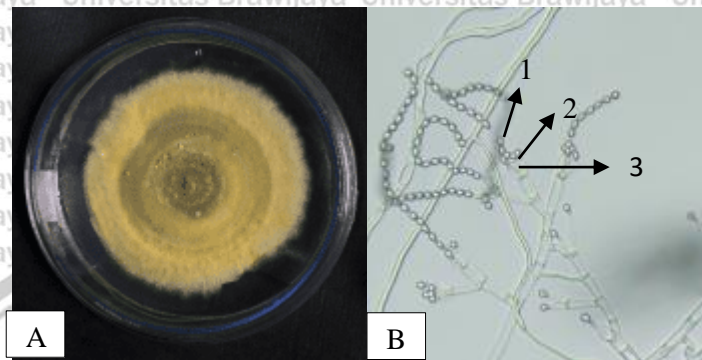
Data yang diperoleh dari uji adaptasi dan uji degradasi dianalisis dengan menggunakan analisa ragam atau uji F dengan taraf kesalahan 5%. Jika hasil uji F berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf kesalahan 5% untuk lebih teliti dan mengetahui perbedaan antar perlakuan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Jamur

Identifikasi jamur hasil eksplorasi dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Hasil eksplorasi diperoleh 10 isolat jamur yakni:

a. *Scopulariopsis* sp.



Gambar 2. Jamur *Scopulariopsis* sp. A. Koloni Jamur 14 HSI pada media PDA. B. Morfologi Jamur Perbesaran 400x (1) Konidia (2) Fialid (3) Konidiofor.

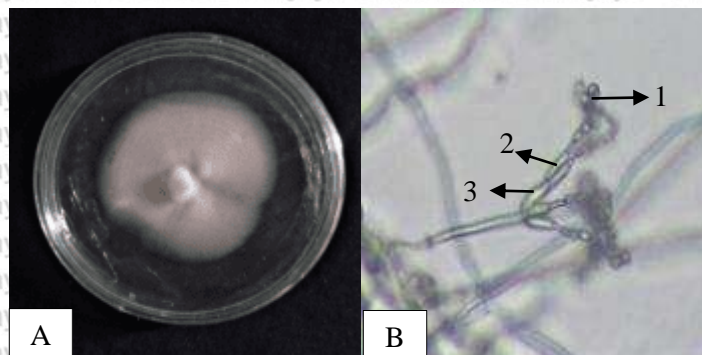
Pengamatan koloni jamur secara makroskopis menunjukkan koloni berwarna kuning dan pada bagian tepinya berwarna putih. Pola persebaran koloni menyebar ke seluruh cawan petri. Jamur ini memiliki permukaan yang halus dengan elevasi rata. Diameter koloni jamur ini pada 7 HSI mencapai 4 cm.

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan konidia berbentuk bulat. Konidia berkembang pada setiap fialid. Fialid berbentuk silindris dan hyalin. Sementara itu konidiofor berbentuk pendek, hyalin dan bercabang. Hal ini sesuai dengan Barnett dan Hunter (1998) yang menyatakan konidiofor *Scopulariopsis* sp. pada umumnya bercabang dengan konidia hyalin atau subhyalin yang berbentuk bulat. Menurut Watanabe (2002) jamur *Scopulariopsis* sp. memiliki konidiofor hyalin, tegak, sederhana dan bercabang. Konidia berbentuk bulat, hyalin atau coklat pucat. Konidia berkembang secara basipetal pada setiap fialid. Jamur ini termasuk dalam filum Ascomycota kelas Sordariomycetes (Jagielski *et al*, 2016).

b. *Paecilomyces* sp.

Pengamatan koloni jamur secara makroskopis menunjukkan koloni berwarna putih saat muda dan berubah menjadi merah muda. Pertumbuhan jamur ini mudah menyebar ke segala arah dengan permukaan halus serta tebal seperti

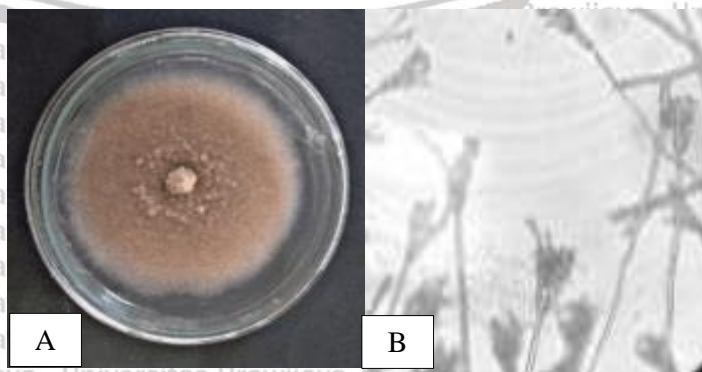
beludru. Pertumbuhan koloni cenderung lambat, yakni diamatarnya hanya 2-3 cm pada 7 HSI.



Gambar 3. Jamur *Paecilomyces* sp. A. Koloni Jamur 14 HSI pada media PDA, B. Morfologi Jamur Perbesaran 400x (1) Konidia (2) Fialid (3) Konidiofor,

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan fialid yang meruncing dan hialin dengan konidia berbentuk semi bulat. Hal ini sesuai dengan Watanabe (2002) yang menyatakan bahwa jamur *Paecilomyces* sp. memiliki fialid yang hialin, tegak, sederhana dengan konidia hialin, berbentuk oval yang tumbuh di ujung fialid. Menurut Vandenberg *et al* (2008) dalam Nuraida dan Hasyim (2009) menyatakan bahwa *Paecilomyces* sp. memiliki konidia berbentuk oval dengan ukuran bervariasi antara (2-4)x(1-2), fusoid, hifa bersepta, dan hialin, konidiofor bercabang dan memiliki fialid di ujungnya, fialid tipis dengan dasarnya membesar dan ujungnya panjang serta kadang memiliki klamidospora. Jamur *Paecilomyces* sp. termasuk dalam filum Ascomycota Kelas Ascomycetes (Nguyen *et al*, 2016).

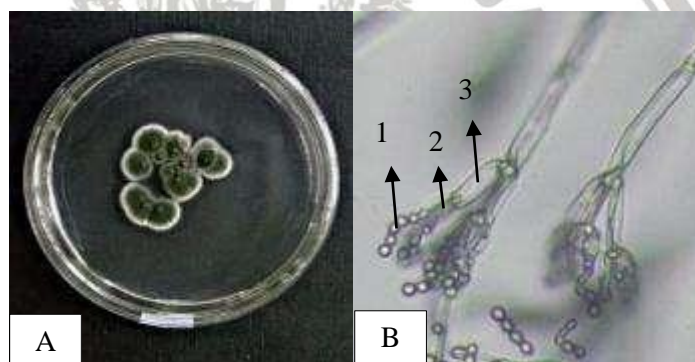
c. *Penicillium* sp. 1



Gambar 4. Jamur *Penicillium* sp.1 A. Koloni Jamur 14 HSI pada media PDA, B. Morfologi Jamur Perbesaran 400x (1) Konidia (2) Fialid (3) Konidiofor

Pengamatan secara makroskopis menunjukkan koloni berwarna merah muda kecoklatan sedangkan sebalik koloni berwarna krem kecoklatan. Tekstur koloni halus berserat seperti kapas. Pertumbuhan koloni pada 7 hsi rata-rata berdiameter 4 cm. Sementara itu, pengamatan secara mikroskopis menunjukkan konidiofor muncul tegak dari miselium dan bercabang bagian ujungnya membentuk fialid. Berdasarkan hasil pengamatan, konidia berbentuk bulat dan tersusun memanjang seperti rantai dengan fialid sebagai pangkalnya. Hal ini sesuai dengan Barnett dan Hunter (1998) yang menyatakan bahwa konidiofor *Penicillium* sp. muncul tegak dari miselium dan bercabang membentuk fialid. Fialid merupakan pangkal dari konidia yang tersusun seperti rantai memanjang. Menurut Watanabe (2002) konidia *Penicillium* sp. berbentuk hialin atau coklat kekuningan dengan bentuk bulat. Jamur *Penicillium* termasuk dalam Filum Ascomycota dan Kelas Ascomycetes (Tsang *et al*, 2018).

d. *Penicillium* sp. 2



Gambar 5. Jamur *Penicillium* sp.2. A. Koloni Jamur pada 7 HSI pada media PDA, B. Morfologi Jamur Perbesaran 400x (1) Konidia (2) Fialid (3) Konidiofor

Pengamatan koloni jamur secara makroskopis menunjukkan warna hijau tua. Koloni jamur tebal dan berbubuk. Sementara itu, pengamatan secara mikroskopis menunjukkan konidiofor bercabang membentuk fialid. Jamur ini memiliki konidia yang tersusun seperti rantai dengan bentuk bulat. Hal ini sesuai dengan Barnett dan Hunter (1998) yang menyatakan bahwa *Penicillium* sp. secara mikroskopis memiliki bentuk konidiofor yang khas. Konidiofor muncul tegak dari miselium dan sering membentuk sinnemata dan bercabang mendekati ujungnya. Ujung konidiofor memiliki sekumpulan fialid dengan konidia berbentuk bulat atau oval, dan tersusun membentuk rantai basipetal. Jamur

Penicillium termasuk dalam Filum Ascomycota dan Kelas Ascomycetes (Tsang *et al*, 2018).

e. *Penicillium* sp. 3

Pengamatan jamur secara makroskopis menunjukkan warna koloni abu-abu dengan semburat putih di bagian tepi. Tekstur koloni tebal seperti beludru.

Pada bagian bawah koloni berwarna kuning kecoklatan dengan garis radial.

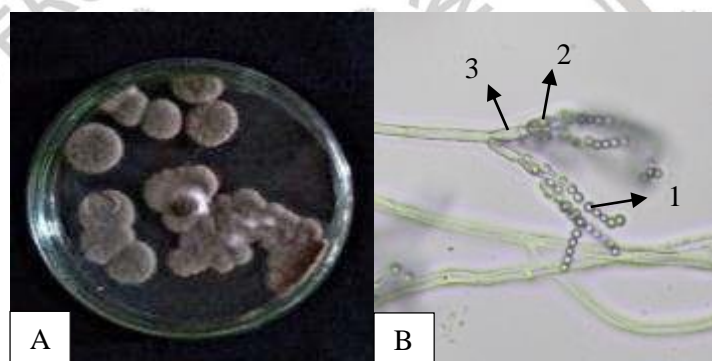
Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan konidiofor hialin dan bercabang.

Pada ujung konidiofor terdapat fialid yang meruncing di bagian ujungnya.

Konidia fialid, bulat dan membentuk rantai. Menurut Watanabe (2002)

Penicillium sp. memiliki konidiofor hialin, dan bercabang. Fialid berbentuk silindris dengan ujung runcing. Jamur ini memiliki konidia hialin atau coklat

kekuningan dengan bentuk bulat. Jamur *Penicillium* termasuk dalam Filum Ascomycota dan Kelas Ascomycetes (Tsang *et al*, 2018).



Gambar 6. Jamur *Penicillium* sp.3. A. Koloni Jamur 7 HSI pada media PDA, B. Morfologi Jamur Perbesaran 400x (1) Konidia (2) Fialid (3) Konidiofor

f. *Penicillium* sp. 4

Pengamatan jamur secara makroskopis menunjukkan warna koloni hijau, dengan permukaan bertepung dan mudah menyebar tidak teratur ke segala arah.

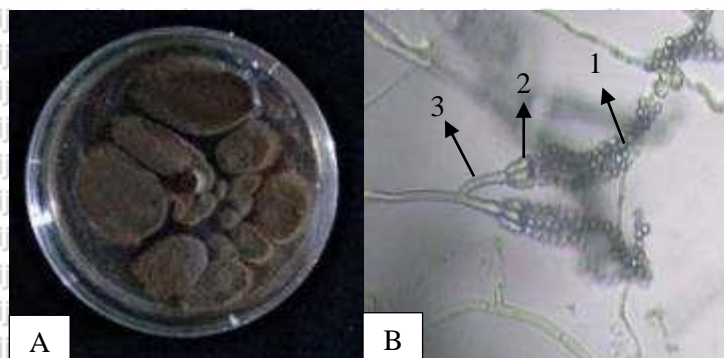
Koloni jamur ini memiliki elevasi yang rata. Pada sebalik koloni memiliki warna kuning kehijauan. Sementara itu, pengamatan secara mikroskopis menunjukkan

konidia yang berbentuk bulat membentuk rantai panjang yang berpangkal pada fialid. Jamur ini memiliki konidiofor hialin. Hal ini sesuai dengan Barneet dan

Hunter (1998) yang menyatakan bahwa *Penicillium* sp. memiliki konidiofor yang muncul tegak dari miselium dan bercabang membentuk sekelompok fialid. Pada

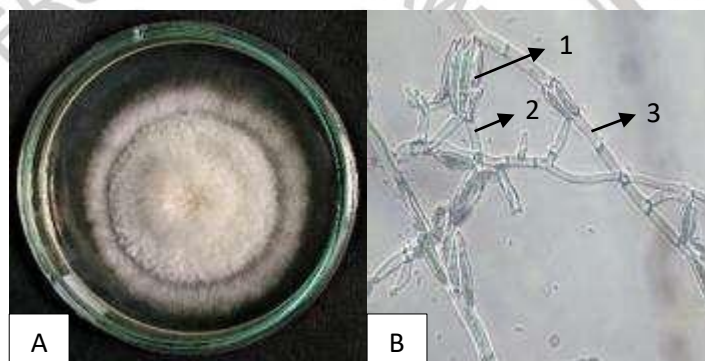
umumnya, konidia berbentuk bulat atau oval dan membentuk rantai basipetal.

Jamur *Penicillium* termasuk dalam Filum Ascomycota dan Kelas Ascomycetes (Tsang *et al*, 2018).



Gambar 7. Jamur *Penicillium* sp.4. A. Koloni Jamur 7 HSI pada media PDA, B. Morfologi Jamur Perbesaran 400x (1) Konidia (2) Fialid (3) Konidiofor

g. *Fusarium* sp.



Gambar 8. Jamur *Fusarium* sp. A. Koloni Jamur *Fusarium* sp 7 HSI pada media PDA. B. Morfologi Jamur Perbesaran 400x (1) Makrokonidia (2) Konidiofor (3) hifa

Pengamatan koloni jamur secara makroskopis menunjukkan koloni berwarna putih dan bertekstur halus. Pola persebaran koloni bulat melingkar dengan elevasi cembung. Pertumbuhan koloni jamur ini tergolong cepat yakni diameter pada 7 HSI mencapai 8-9 cm.

Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan makrokonidia berbentuk melengkung menyerupai bulan sabit dengan ujung runcing, hifa hialin dan bersekat. Hal ini sesuai dengan Barnett dan Hunter (1998) yang menyatakan bahwa Genus *Fusarium* memiliki konidiofor ramping dan sederhana dan bercabang, memiliki makrokonidia yang berbentuk melengkung dan biasanya runcing pada ujungnya. Jamur ini termasuk dalam Filum Ascomycota Kelas Sordariomycetes.

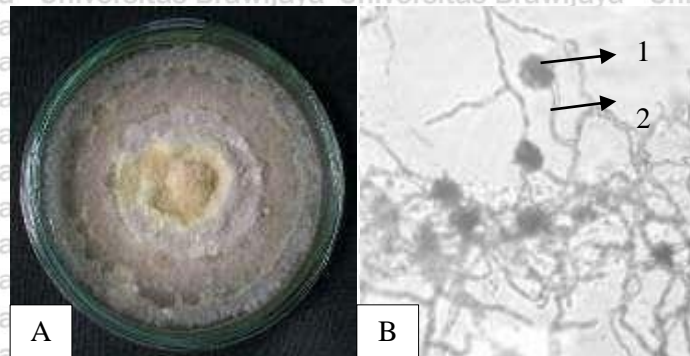
h. *Cladosporium* sp.

Gambar 9. Jamur *Cladosporium* sp. A. Koloni Jamur 14 HSI pada media PDA. B. Morfologi Jamur Perbesaran 400x (1) Konidia (2) Konidiofor.

Pengamatan secara makroskopis menunjukkan warna koloni coklat kehitaman. Tekstur koloni tebal seperti beludru dengan garis radial. Sementara itu pada bagian tepi koloni halus seperti serabut. Pertumbuhan koloni tergolong cukup lambat yakni rata-rata diameter pada 7 hsi adalah 3 cm.

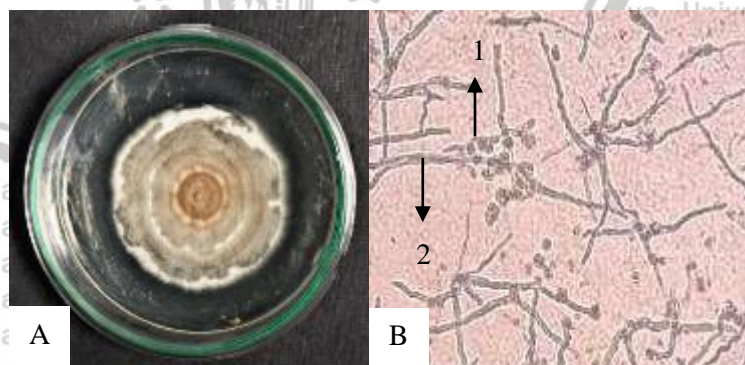
Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan konidiofor tegak. Konidia hyalin dan berbentuk oval menyerupai buah lemon. Berdasarkan pengamatan makroskopis dan mikroskopis, isolat tersebut dapat diidentifikasi sebagai *Cladosporium* sp. Menurut Watanabe (2002) *Cladosporium* sp. memiliki konidiofor berwarna coklat pucat, tegak, bercabang. Konidia hyalin atau coklat pucat berbentuk bulat, ataupun elips. Hal ini selaras dengan Barnett dan Hunter (1998) yang menyatakan bahwa *Cladosporium* sp. memiliki konidiofor bertubuh tinggi, gelap, tegak dan bercabang di dekat puncak, konidia gelap dan bervariasi dalam bentuk dan ukuran, berbentuk bulat telur, silinder sampai tidak beraturan.

Jamur *Cladosporium* sp. termasuk dalam Filum Ascomycota Kelas Dothideomycetes (Ogorek *et al*, 2012).

i. *Aspergillus* sp.

Gambar 10. Jamur *Aspergillus* sp. A. Koloni Jamur 14 HSI pada media PDA, B. Morfologi Jamur Perbesaran 400x (1) Konidia (2) Konidiofor

Pengamatan secara makroskopis menunjukkan warna koloni putih kekuningan dengan warna sebalik koloni kuning kecoklatan. Koloni bertekstur halus seperti kapas. Sementara itu, pengamatan secara mikroskopis menunjukkan bentuk konidia bulat, hifa bersekat, dan mempunyai vesikel. Hal ini sesuai dengan Barnett dan Hunter (1998) yang menyatakan jamur *Aspergillus* sp. memiliki konidiofor tegak dengan pembengkakan di bagian ujungnya, konidia bersel satu, berbentuk bulat dan sering beragam warna membentuk rantai basipetal. Jamur *Aspergillus* sp. termasuk dalam Filum Ascomycota dan Kelas Ascomycetes (Tsang *et al*, 2018).

j. *Papulaspora* sp.

Gambar 11. Jamur *Papulaspora* sp. A. Koloni Jamur 14 HSI pada media PDA B. Morfologi Jamur Perbesaran 400x (1) Papulospora (2) Hifa

Pengamatan secara makroskopis terlihat warna koloni coklat tua di bagian tengah dan semakin memudar di bagian tepi. Pada tepi sekeliling koloni berwarna putih. Sementara itu sebalik koloni berwarna kuning kecoklatan. Terdapat lingkaran konsentris pada koloni. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan adanya spora yang terletak diantara 2 ruas hifa. Papulaspora berwarna kecoklatan dengan bentuk bulat tidak beraturan. Hal ini sesuai dengan Watanabe (2002) yang menyatakan bahwa jamur *Papulaspora* sp. memiliki spora dimorfik yakni papulasporus dan fialosporus. *Papulaspora* terbentuk diantara 2 hifa secara interkalar atau pada ujung konidiofor yang tidak berdiferensiasi dari hifa. Jamur ini termasuk Filum Ascomycota Kelas Sordariomycetes.

4.2 Kemampuan Adaptasi Jamur terhadap Fungisida Berbahan Aktif Tebukonazol

Uji adaptasi jamur terhadap fungisida dilakukan pada sepuluh jamur hasil isolasi. Jamur yang dapat tumbuh pada media yang telah ditambahkan fungisida merupakan jamur yang memiliki potensi sebagai agens bioremediasi bahan aktif fungisida tersebut. Berdasarkan hasil analisa ragam dapat diketahui perlakuan konsentrasi pada masing-masing isolat jamur menunjukkan hasil yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan jamur. Semakin kecil nilai THR maka semakin baik pula kemampuan dalam beradaptasi di media yang telah ditambahkan fungisida dalam berbagai konsentrasi. Sebaliknya semakin besar nilai THR, menunjukkan sensitivitas jamur terhadap bahan aktif fungisida semakin tinggi, sehingga penghambatan pertumbuhan jamur akan semakin besar. Berikut merupakan hasil rerata THR pada media yang telah ditambahkan fungisida dengan berbagai konsentrasi:

Tabel 3. Rerata Nilai Tingkat Hambatan Relatif (THR) pada Media Peracunan

Rerata Nilai Tingkat Hambatan Relatif (%)					
I1	P0	0,00a	I6	P0	0,00a
	P1	62,00b		P1	68,66b
	P2	68,33c		P2	69,66b
	P2	70,00cd		P2	71,00b
	P4	71,66cd		P4	71,00b
	P5	72,00d		P5	73,33b
I2	P0	0,00a	I7	P0	0,00a
	P1	49,33b		P1	78,66b
	P2	53,00b		P2	84,33c
	P2	53,00b		P2	84,66c
	P4	55,33b		P4	85,33c
	P5	57,66b		P5	86,00c
I3	P0	0,00a	I8	P0	0,00a
	P1	44,00b		P1	71,00b
	P2	45,00b		P2	71,66b
	P2	51,00b		P2	73,33bc
	P4	53,00b		P4	75,33bc
	P5	53,33b		P5	78,00c
I4	P0	0,00a	I9	P0	0,00a
	P1	51,13b		P1	44,00b
	P2	52,66bc		P2	46,00bc
	P2	58,00bcd		P2	46,00bc
	P4	61,66cd		P4	47,00bc
	P5	63,33d		P5	56,00c
I5	P0	0,00a	I10	P0	0,00a
	P1	75,00b		P1	68,00b
	P2	77,00bc		P2	70,66bc
	P2	77,00bc		P2	72,66c
	P4	79,00cd		P4	73,33c
	P5	81,00d		P5	74,66c

Keterangan: Angka disertai huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata antar perlakuan pada masing-masing isolat (DMRT 5%), I1 *Scopulariopsis* sp.; I2 *Paecilomyces* sp.; I3 *Penicillium* sp.1; I4 *Penicillium* sp.2; I5 *Penicillium* sp.3; I6 *Penicillium* sp.4; I7 *Fusarium* sp.; I8 *Cladosporium* sp.; I9 *Aspergillus* sp.; I10 *Papulaspora* sp.; P0 = tanpa pemberian fungisida; P1 = Perlakuan 1 gr/l PDA; P2 = Perlakuan 2 gr/l PDA; P3 = Perlakuan 3 gr/l PDA; P4 = Perlakuan 4 gr/l PDA; P5 = Perlakuan 5 gr/l PDA.

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa semua jamur dapat tumbuh di berbagai konsentrasi fungisida sampai lima kali konsentrasi

anjuan. Kemampuan jamur tumbuh dalam media yang mengandung fungisida berkaitan dengan kemampuannya memanfaatkan senyawa beracun menjadi sumber energi. Menurut Puspitasari dan Khaeruddin (2016) mikroorganisme yang memiliki potensi sebagai agens bioremediasi memiliki kemampuan dalam menggunakan residu pestisida sebagai sumber karbon, mineral atau penerima elektron dalam rantai respirasi. Lumbanraja (2014) juga memaparkan bahwa pada proses degradasi, mikroba menggunakan senyawa kimia untuk pertumbuhan dan reproduksinya melalui berbagai proses oksidasi. Enzim yang dihasilkan oleh mikroba tersebut juga berperan untuk mengkatalis reaksi degradasi sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama. Menurut Subowo (2013) kemampuan jamur dalam beradaptasi di media beracun berkaitan dengan kemampuan jamur dalam menggunakan bahan beracun tersebut untuk proses metabolismenya. Semakin besar biomassa yang dihasilkan maka jamur tersebut lebih efektif dalam menggunakan bahan aktif tersebut, atau jamur tersebut mempunyai kemampuan enzim yang lebih tinggi dalam menguraikan bahan aktif tersebut.

Meskipun semua jamur dapat tumbuh dalam media yang telah ditambahkan fungisida pada berbagai konsentrasi, namun semakin tinggi konsentrasi fungisida yang ditambahkan dalam media PDA, nilai THR akan semakin tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi fungisida yang ditambahkan, maka kemampuan jamur untuk tumbuh akan semakin berkurang. Penurunan kemampuan pertumbuhan terjadi karena tingkat racun yang ada dalam media semakin tinggi. Situmorang (2015) melaporkan bahwa pertumbuhan jamur pada media yang mengandung fungisida berbahan aktif tebukonazol 25 WP sudah terhambat pada 1.000 ppm. Hal ini terjadi karena tebukonazol sebagai fungisida sistemik menghambat biosintesa sel. Fungisida sistemik mengganggu sintesa dinding sel jamur, sintesa dan fungsi membran sel, juga berpengaruh terhadap penghasilan energi dalam sel dan perantara metabolisme, mengganggu sintesa lipid dan fungsi inti sel. Khan dan Farzana (2016) dalam Sinaga (2017) menyatakan bahwa tebukonazol juga dapat menghambat respirasi mitokondria pada jamur dan menghentikan pasokan energi pada jamur.

Perlakuan konsentrasi yang setara menunjukkan nilai THR yang berbeda pada masing-masing isolat jamur. Hal ini karena masing-masing jenis jamur memiliki kemampuan yang berbeda dalam beradaptasi di media beracun.

Sulistinah *et al*, (2011) menyatakan bahwa setiap mikroorganisme memiliki respon yang berbeda-beda terhadap pemberian bahan kimia seperti pestisida yang akan berpengaruh pada jumlah populasinya. Pertumbuhan mikroba tersebut akan terhambat seiring dengan meningkatnya residu pestisida di dalam tanah.

Jamur dengan THR rendah atau isolat yang memiliki kemampuan beradaptasi tinggi diantaranya adalah *Penicillium* sp. dan *Aspergillus* sp. Lestari *et al* (2018) memaparkan bahwa beberapa spesies jamur *Penicillium* sp. mampu menguraikan lignin dan selulosa, bersifat termotoleran, serta memiliki kemampuan yang baik dalam beradaptasi pada lingkungan yang telah tercemar. Sementara itu pada penelitian Subowo (2013) menjelaskan bahwa jamur *Aspergillus* sp. hasil isolasi mampu ditumbuhkan pada media yang mengandung 500 ppm delthametrin, dan menghasilkan bobot biomassa yang besar. Hal ini karena jamur *Aspergillus* sp. dapat menggunakan delthametrin sebagai sumber C dan energi untuk pertumbuhannya.

4.3 Kemampuan Jamur Mendegradasi Fungisida Berbahan Aktif

Tebukonazol Secara In Vitro

Pada uji degradasi, jamur patogen *Colletotrichum capsici* digunakan sebagai indikator kemampuan jamur dalam mendegradasi fungisida berbahan aktif tebukonazol. Pengujian ini hanya menggunakan 5 isolat jamur terbaik dari hasil uji adaptasi dan 2 kontrol. Isolat jamur yang digunakan dalam uji degradasi ini yakni *Scopulariopsis* sp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* sp.1, *Penicillium* sp.2, dan *Aspergillus* sp. Kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah kontrol positif yakni menggunakan media tumbuh yang telah ditambahkan fungisida sesuai konsentrasi anjuran yakni 1 gr/l tanpa adanya penambahan jamur dan kontrol negatif yakni menggunakan media tumbuh tanpa penambahan fungisida maupun jamur. Berdasarkan hasil analisa ragam menunjukkan hasil berbeda nyata antar perlakuan. Berikut merupakan rerata diameter jamur patogen *C. capsici*:

Tabel 4. Rerata Diameter *C.capsisi* sebagai Indikator Uji Degradasi pada 7 HSI

Perlakuan	Rerata Diameter <i>C. Capsici</i>
KN	7,56e
KP	1,83a
I1	3,21b
I2	5,00c
I3	5,91d
I4	4,80c
I9	4,71b

Keterangan: KN = Kontrol Negatif; KP = Kontrol Positif; I1 = *Scopulariopsis* sp.; I2 = *Paecilomyces* sp.; I3 = *Penicillium* sp.1; I4 = *Penicillium* sp.2; I9 = *Aspergillus* sp.

Berdasarkan hasil uji DMRT taraf 5%, menunjukkan adanya pengaruh pertumbuhan jamur patogen *C.capsici* antar perlakuan. Pada tabel tersebut terlihat bahwa perlakuan jamur hasil eksplorasi dengan diameter koloni terbesar adalah *Penicillium* sp.1 dengan rata-rata 5,91 cm. Sedangkan diameter koloni paling rendah adalah jamur *Scopulariopsis* sp. dengan rata-rata diameter koloni sebesar 3,21 cm.

Diameter pertumbuhan jamur *C. capsici* pada perlakuan kelima jamur lebih besar jika dibandingkan dengan kontrol positif. Hal ini mengindikasikan bahwa toksisitas dari fungisida yang ditambahkan telah berkurang. Adanya penambahan jamur hasil isolasi menyebabkan terjadinya proses degradasi atau perombakan senyawa beracun menjadi tidak beracun sehingga berkurang tingkat racunnya. Subowo (2012) melaporkan beberapa jamur memiliki kemampuan menguraikan selulosa dan pestisida, diantaranya *Aspergillus niger*, *Chaetomium globosum*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Trichoerma koningii* dan *Trichothecium roseum*. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa jamur *Aspergillus niger* dapat menurunkan konsentrasi deltamethrin sebanyak 90,2% dalam waktu 10 hari.

Maloney (2001) dalam Subowo (2013) juga memaparkan bahwa beberapa genus jamur seperti *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* dan *Paecilomyces* spp mampu mendegradasi Pentachlorophenol (PCP) yang bersifat toksik dan biasanya banyak digunakan untuk pembuatan herbisida dan disinfektan. Yugui *et al* (2008) dalam Subowo (2012) juga memaparkan bahwa jamur *Aspergillus* sp. dapat

menghidrolisis herbisida Solan dan fungisida dimethylfuran menggunakan enzim aryl acylamidase.

Pada bioremediasi terjadi proses biodegradasi, biotransformasi dan biokatalis. Saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut. Bioremediasi terjadi akibat aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba untuk mengkatalis pemusnahan bahan-bahan kontaminan. Enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme akan mempercepat proses tersebut dengan cara menurunkan energi aktivasi, yaitu energi yang diperlukan untuk memulai reaksi (Lumbanraja, 2014). Reaksi kimia tersebut merupakan reaksi oksidasi-reduksi yang penting untuk menghasilkan energi bagi mikroba (Priyanto, 2010). Pada proses ini terjadi bioransformasi atau biodetoksifikasi yakni dengan merubah senyawa yang beracun menjadi tidak beracun atau berkurang tingkat racunnya.

Mekanisme degradasi tebukonazol yang umum melibatkan penguraian cincin triazol dan reaksi oksidasi. Pada saat proses biotransformasi terjadi pemutusan rantai C-N dan/atau N-N pada cincin 1,2,3-triazol dan membentuk imine. Peran cincin triazol ini adalah mengikat sitokrom enzim P-450 sterol sehingga mampu menghambat sintesis ergosterol pada jamur patogen. Ketika terjadi pemutusan pada cincin triazol maka senyawa ini menjadi tidak kompleks dan menjadi tidak berbahaya lagi atau toksisitasnya menurun. Reaksi tersebut menghasilkan alkohol, asam karboksilat, dan imine (senyawa yang mengandung ikatan rangkap karbon-nitrogen) yang terbentuk setelah penguraian triazol (Obanda, 2009).

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian yakni:

1. Didapatkan 10 isolat jamur dari hasil eksplorasi pada lahan yang tercemar fungisida berbahan aktif tebukonazol, yakni *Scopulariopsis* sp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* sp.1, *Penicillium* sp.2, *Penicillium* sp.3, *Penicillium* sp.4, *Fusarium* sp., *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., dan *Papulaspora* sp.
2. Pada uji adaptasi semua jamur hasil eksplorasi mampu tumbuh dan beradaptasi pada media yang mengandung fungisida berbahan aktif tebukonazol dengan berbagai konsentrasi. Pada uji adaptasi ini didapatkan 5 jamur dengan kemampuan beradaptasi terbaik yakni *Penicillium* sp.1, *Aspergillus* sp., *Paecilomyces* sp., *Penicillium* sp.2 dan *Scopulariopsis* sp.
3. Lima jamur yang memiliki kemampuan adaptasi terbaik memiliki potensi dalam menurunkan toksisitas fungisida berbahan aktif tebukonazol dan isolat terbaik mencapai 78%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengujian molekuler isolat yang telah didapatkan untuk mengetahui secara pasti spesiesnya, dilakukan uji patogenisitas untuk mengetahui bahwa jamur hasil isolasi bukanlah jamur patogen sehingga aman apabila nantinya diaplikasikan ke lapang, serta perlu dilakukan pengujian awal dan akhir kandungan bahan aktif yang telah terdegradasi untuk mengetahui seberapa banyak penurunannya toksisitasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriani, D., S. Wiyono., dan Widodo. 2017. Sensivitas *Colletotrichum* spp. Pada Cabai terhadap Benomil, Klorotalonil, Mancozeb dan Propineb. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 13(4): 119-126.
- Alexopoulus, C.J., C.W. Mimms, M.M. Blackwell. 1979. *Introductory Mycology*. New York: Willey.
- Barnett, H.L dan Hunter, B.B. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. USA: Prentice-Hall, Inc.
- Budyanto, A.K. 2018. *Membuat Fungisida Organik*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Bending, G. D., Friloux, M. dan Walker, A. 2002. Degradation of contrasting Pesticide by White Rot Fungi and Its Relationship with ligninolytic Potential. *FEMS microbio. Lett.* 2(12): 59-63.
- Carlile, M. J., S. C. Watkinson, dan Gooday, G. W. 1994. *The Fungi*. London: Academic Press.
- Chanif, I., Djauhari, S., dan Aini, L.Q. 2015. Uji Potensi jamur Pelapuk Putih dalam Bioremediasi Insektisida Karbofuran. *Jurnal HPT* 3(2): 83-90.
- Dadang. 2006. *Pengenalan Pestisida dan Teknik Aplikasi*. Bogor: Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor.
- Dietz, S., Roman, M.D., Birkel, S.L., Maus, C.H., Neuman, P., dan Fischer, R. 2009. Ecotoxicological and Environmental Profile of the Insecticide Deltamethrin. *Bayer Crop Science Journal* 62: 211-226.
- Djojosumarto, Panut. 2008. *Teknik Aplikasi Pestisida Pertanian*. Yogyakarta: Kanisius.
- Donowati dan Tjokrokusumo, S.W. 2008. Kemampuan dan Kekuatan Bioremediasi Agen hayati Jamur Fungi Pelapuk Putih. *JRL*. 4(3): 181-188.
- Dwiastuti, M.E. dan Iqbal, M. 2014. Selektivitas Pestisida Terhadap Perkembangan Cendawan Entomopatogen *Hirsutella citriformis*. *J. Hort* 24(2): 162-170.
- FAO. 2003. Tebukonazole. www.fao.org diakses pada 17 Oktober 2019.
- Gandjar, I., Ariyanti, O. dan Wellyzar, S. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

Jagielski, T., Yu, J., Denis, M.S., dan Bakula, Z. 2016. Molecular Taxonomy of Scopulariopsis-like Fungi with Description of New Clinical and Environmental Species. *Fungal Biologi* 120: 586-602.

Kementerian Pertanian. 2017. Statistik Sarana Pertanian. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.

Lestari, W., Martina, A., Roza, R.M., dan Wardani, I. 2018. Potensi Jamur Indigenous Riau (*Penicillium* sp.PN6) dan *Neptuna oleracea* untuk Bioremediasi Oil Sludge. *Al-Kauniah* 11(1): 72-81.

Maharani, M.M., Ratnaningtyas., N.I., Priyanto, S. 2014. Penggunaan Beberapa Medium Semisintetik untuk Produksi Miselium Jamur Maitake (*Grifola frondosa* (Dickson: Fr.) S.F. Gray) Isolat Cianjur dan Ekstrak Kasarnya. *Scripta Biologica* 1(1): 20-25.

Masnun. 2019. Teknologi Membuat Media PDA. Balai Pengkajian Pertanian Jambi. www.bppjambi.info diakses pada 17 Oktober 2019.

Montague, B. 2000. Ecological Risk Assesment for Section 3 Registration of Tebuconazole on wheat, Cucurbit, bananas, Turnips, Tree Nuts, Hops, and Sunflowers. Wahington DC: United States Environmental Protection Agency.

Mukharomah, E., Munawar, Widjajanti, H. 2015. Identifikasi dan Sinergisme Kapang Lipolitik dari Limbah SBE (Spent Bleaching Earth) sebagai Agen Bioremediasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 13(1): 19-26.

Mu'min, N. 2017. Uji Efektivitas Beberapa Fungisida dalam Mengendalikan Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum* sp.) pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) secara *In Vitro*. Tesis. Universitas Hasanuddin.

Nguyen, T.T.T., Paul, N.C., dan Lee, H.B. 2016. Characterization of *Paecilomyces variotii* and *Talaromyces amestolkiae* in Korea Based on the Morphological Characteristics and Multigene Phylogenetic Analyses. *Mycobiologi* 44(4): 248-259.

Nuraida dan Hasyim, A. 2009. Isolasi, Identifikasi, dan Karakterisasi Jamur Entomopatogen dari Rhizosfer Pertanaman Kubis. *J. Hort* 19(4): 419-432.

Obanda, D.N. 2009. Biotransformation of Tebuconazole by Microorganisms: Evidence of a Common Mechanism. *Wood and Fiber Science* 41(2): 157-167.

Ogorek, R., Pusz, W dan Lejman, A. 2012. Characteristic and Taxonomy of Cladosporium Fungi. Mikologia Lekarska 19(2): 80-85.

Peraturan Menteri Pertanian Nomor 107 Tahun 2014 Tentang Pengawasan Pestisida. Jakarta: Kementerian Pertanian.

PMRA Canada. 2016. Tebuconazole. Ottawa: Pest Management Regulatory Agency Health Canada.

Purwantisari, S. dan Hastuti, R.B. 2009. Isolasi dan Identifikasi Jamur Indigenous Rhizosfer Tanaman Kentang dari Lahan Pertanian Kentang Organik di Desa Pakis, Magelang. Bioma 11(2): 45-53.

Puspitasari, D.J. dan Khaeruddin. 2016. Kajian Bioremediasi pada Tanah Tercemar Pestisida. Kovalen 2(3): 98-106.

Priadi, B. 2012. Teknik Bioremediasi sebagai Alternatif dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. J. Ilmu Lingkungan 10(1): 38-48.

Priyanto, B. 2010. Pengembangan Teknologi Fitoremediasi untuk Menanggulangi Penyebaran Pencemaran Minyak Bumi. Balai Teknologi Lingkungan Kedepujian Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.

Setiyo, Y., Gunam, I.B.W., Sumiyati., dan Manurung, V.M. 2014. Populasi Mikroba pada Proses Bioremediasi Secara In Situ di Lahan Budidaya Kentang. Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Denpasar Bali.

Silva, V., Mol., H.G.J., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C.J., dan Geissen, V. 2019. Pesticide Residues in eropean Agricultural Soils-A Hidden Reality Unfolded. Science of Total Environment 663: 1532-1545.

Sinaga, D.N., Lubis, L., Zahara, F. dan Prasetyo, A.E. 2017. Uji Efektivitas Konsentrasi Fungisida dengan Campuran Air Gambut terhadap Penyakit Bercak Daun (*Culvularia* sp.) pada Tanaman Kelapa Sawit secara *In Vitro*. Jurnal Agroekoteknologi FP USU 5(4): 954-962.

Singh, D.P., Khattar, J.I.S., Nadda, J., Singh, Y., Garg, A., kaur, N., dan Gulati, A. Chlorpyrifos Degradation By The Cyanobacterium Synechocystis sp. Strain PUPCCC64. Environmental Science and Pollution Research 18: 1351-1359.

Situmorang, Y.A. Bakti, D., dan Hasanuddin. 2015. Dampak Beberapa fungisida Terhadap Pertumbuhan Koloni Jamur *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sorokin di Laboratoriu. Jurnal Online Agroekoteknologi. 3(1): 147-159.

Subowo, Y.B. 2012. Seleksi Jamur Tanah Pendegradasi Selulosa dan Pestisida Deltamethrin dari Beberapa Lingkungan di Kalimantan Barat. Jurnal Teknologi Lingkungan 13(2): 221-230.

Subowo, Y.B. 2013. Kemampuan Beberapa Jamur Tanah dalam Menguraikan Pestisida Deltametrin dan Senyawa Lignoselulosa. Berita Biologi 12 (2): 231-238.

Sudirga, S.K. 2016. Isolasi dan identifikasi Jamur Colletotrichum spp. Isolast PCS Penyebab Penyakit Antraknosa pada Buah Cabai Besar di Bali. Jurnal Metamorfosa 3(1): 23-30.

Sugiman, S.N. 2013. Pengaruh Bioremediasi Tumbuhan Semanggi (*Marsilea crenata* Presl) pada Limbah Cair Tahu Terhadap Kelulushidupan Benih Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*). Skripsi. Universitas Lampung.

Sulistinah, N., Antonius, S., dan rahmansyah, M. 2011. Pengaruh Residu Pestisida terhadap Pola Populasi Bakteri dan Fungi Tanah di Rumah Kaca. J. Tek. Ling 12 (1): 43-53.

Syah, I.S.K. 2016. Penentuan Tingkatan Jaminan Sterilitas pada Autoklaf dengan Indikator Biologi Spore Strip. Farmaka 14(1): 59-68.

Tixier, C., Bogaerts, P., Bonnemoy., Cuer, A., dan Veschambre, H. 2001. Degradation Products of a Phenylurea Herbicide, Diuron: Synthesis, Exotoxicity, and Biotransformation Environ. Toxicol. Chem 20: 1381-1389.

Tsang, C., Tang, J.Y.M., Lau, S., dan Woo, P. 2018. Taxonomy and Evolution of *Aspergillus*, *Penicillium* and *Talaromyces* in the omics era-Past, Present and Future. Computational and Structural Biotechnology Journal 16: 197-210.

Tuhumury, GN.C., Leatemia, J.A., Rumthe, R.Y., Hasinu, J.V. 2012. Residu Pestisida Produk Sayuran Segar di Kota Ambon. Agrologia 1(2): 2012.

Valerie., Wijaya, J.C., dan Pinontoan, R. 2018. Kajian Pustaka: Pemanfaatan Mikroba yang Berpotensi sebagai Agen Bioremediasi Limbah Pewarna Tekstil. Fast-Jurnal Sains dan Teknologi 2(1): 32-47

Vidali, M. 2001. Bioremediation an Overview Pure Appl. Chem. 73(7): 1163-1172.

Vladimir, P., Beskoski, Gogic., Jelena, Milic. 2011. Bioremediation of Soil Polluted With Crude Oil and Its Derivate: Microorganism, Degradation Pathways, Technologies. Asian Journal of Biotechnology 3(3)

Volk, W.A and M.F. Wheeler. 1993. Mikrobiologi Dasar. Jakarta: Erlangga.

Watanabe, T. 2002. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. Washington DC: CRC Press



LAMPIRAN

Tabel Lampiran 1. Rerata Diameter Jamur pada Uji Adaptasi

Isolat	Konsentrasi	Diameter (cm)	Isolat	Konsentrasi	Diameter (cm)
I1	P0	3,60	I6	P0	2,86
	P1	1,36		P1	0,90
	P2	1,13		P2	0,86
	P3	1,08		P3	0,83
	P4	1,00		P4	0,83
	P5	1,01		P5	0,76
I2	P0	1,91	I7	P0	6,33
	P1	0,96		P1	1,36
	P2	0,90		P2	1,00
	P3	0,90		P3	1,96
	P4	0,85		P4	0,93
	P5	0,80		P5	0,88
I3	P0	4,06	I8	P0	2,96
	P1	2,20		P1	0,83
	P2	2,25		P2	0,81
	P3	1,96		P3	0,76
	P4	1,88		P4	0,71
	P5	1,86		P5	0,63
I4	P0	2,61	I9	P0	1,66
	P1	1,26		P1	0,90
	P2	1,23		P2	0,86
	P3	1,10		P3	0,86
	P4	1,00		P4	0,85
	P5	0,95		P5	0,70
I5	P0	3,66	I10	P0	2,50
	P1	0,90		P1	0,80
	P2	0,83		P2	0,73
	P3	0,83		P3	0,68
	P4	0,76		P4	0,66
	P5	0,70		P5	0,63

Keterangan : I1 *Scopulariopsis* sp.; I2 *Paecilomyces* sp.; I3 *Penicillium* sp.1; I4 *Penicillium* sp.2; I5 *Penicillium* sp.3; I6 *Penicillium* sp.4; I7 *Fusarium* sp.; I8 *Cladosporium* sp.; I9 *Aspergillus* sp.; I10 *Papulaspora* sp.; P0 = tanpa pemberian fungisida; P1 = Perlakuan 1 gr/l PDA; P2 = Perlakuan 2 gr/l PDA; P3 = Perlakuan 3 gr/l PDA; P4 = Perlakuan 4 gr/l PDA; P5 = Perlakuan 5 gr/l PDA.

Tabel Lampiran 2. Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur *Scopulariopsis* sp.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	5	1,203	0,2406	698,6	3,11
Galat	12	0,004	0,0003		
Total	17	1,207	0,0710		

Tabel Lampiran 3. Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur *Paecilomyces* sp.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	5	0,73	0,146	50,7	3,11
Galat	12	0,03	0,002		
Total	17	0,76	0,045		

Tabel Lampiran 4. Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur *Penicillium* sp. 1

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	5	0,630	0,126	33,8	3,11
Galat	12	0,044	0,003		
Total	17	0,675	0,039		

Tabel Lampiran 5. Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur *Penicillium* sp. 2

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	5	0,85	0,171	64,5	3,11
Galat	12	0,03	0,002		
Total	17	0,88	0,052		

Tabel Lampiran 6. Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur *Penicillium* sp. 3

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	5	1,519	0,3038	1012,9	3,11
Galat	12	0,003	0,0003		
Total	17	1,523	0,0895		

Tabel Lampiran 7. Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur *Penicillium* sp. 4

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	5	1,254	0,2508	376,3	3,11
Galat	12	0,008	0,0006		
Total	17	1,262	0,0742		

Tabel Lampiran 8. Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur *Fusarium* sp.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	5	1,765	0,353	870,8	3,11
Galat	12	0,004	0,0004		
Total	17	1,770	0,1041		

Tabel Lampiran 9. Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur *Cladosporium* sp.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	5	1,373	0,274	1268,1	3,11
Galat	12	0,002	0,0002		
Total	17	1,376	0,0809		

Tabel Lampiran 10. Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur *Aspergillus* sp.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	5	0,59	0,11	40,5	3,11
Galat	12	0,03	0,002		
Total	17	0,63	0,03		

Tabel Lampiran 11. Analisa Ragam Uji Adaptasi Jamur *Papulaspora* sp.

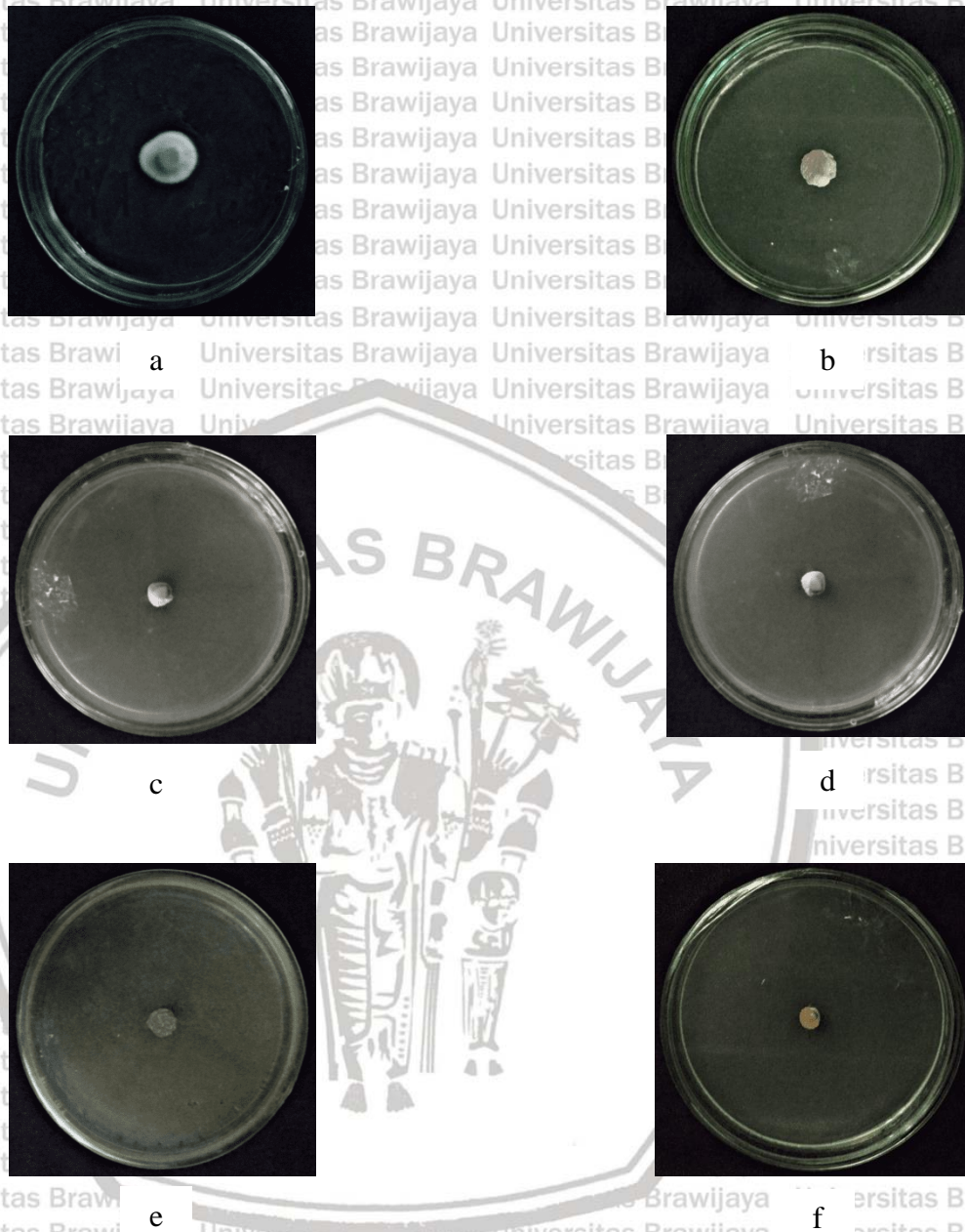
Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	5	1,29	0,25	531,5	3,11
Galat	12	0,005	0,0004		
Total	17	1,305	0,076		

Tabel Lampiran 12. Analisa Ragam Uji Degradasi

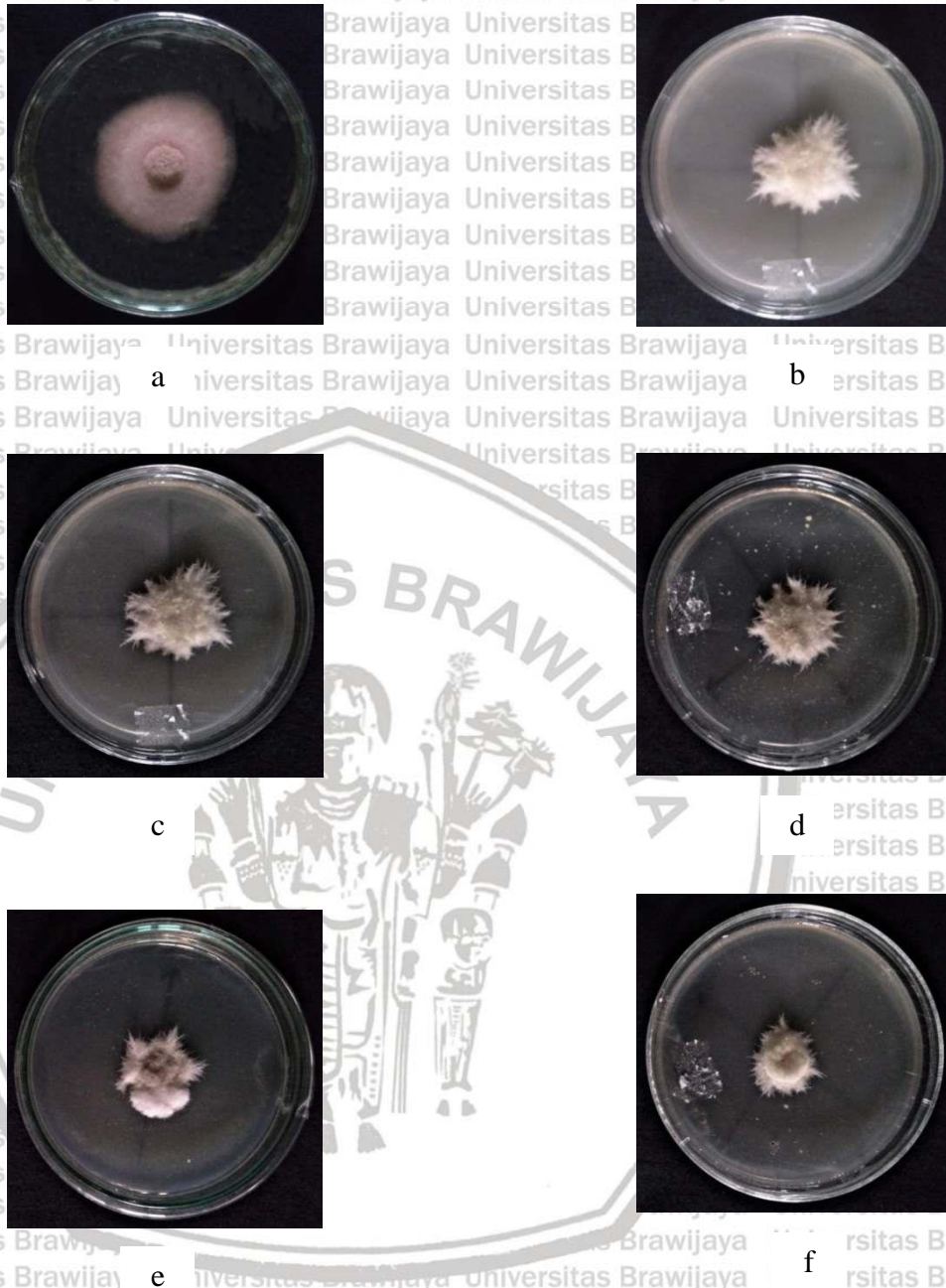
Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. Hitung	F. Tabel
Perlakuan	6	60,63	10,10	120,59	2,85
Galat	14	1,17	0,083		
Total	20	61,81	3,09		



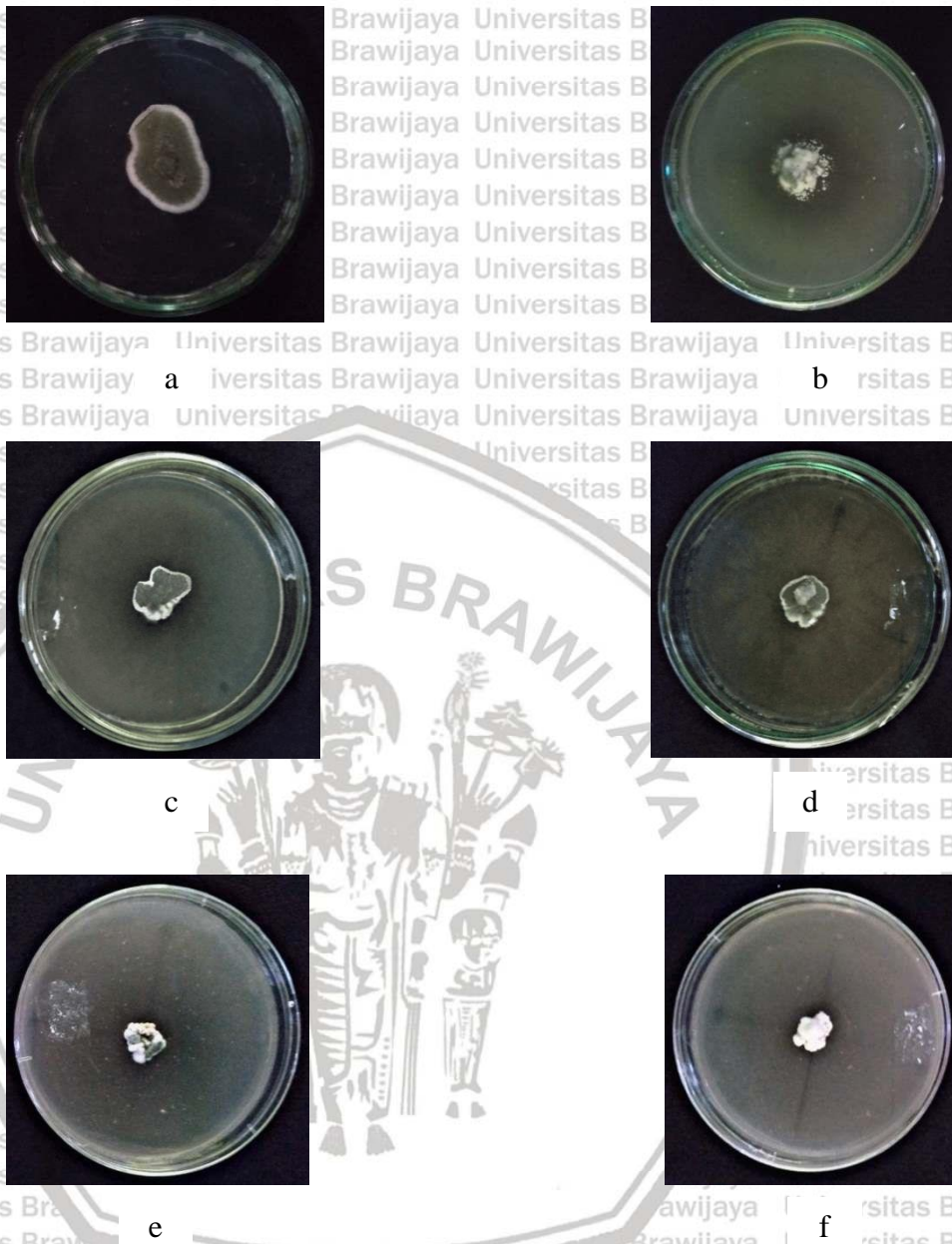
Gambar Lampiran 1. Koloni *Scopulariopsis* sp. pada media PDA yang mengandung fungisida tebukonazol pada konsentrasi yang berbeda. a: 0 g/l; b: 1 g/l; c: 2 g/l; d: 3 g/l; e: 4 g/l; f: 5 g/l.



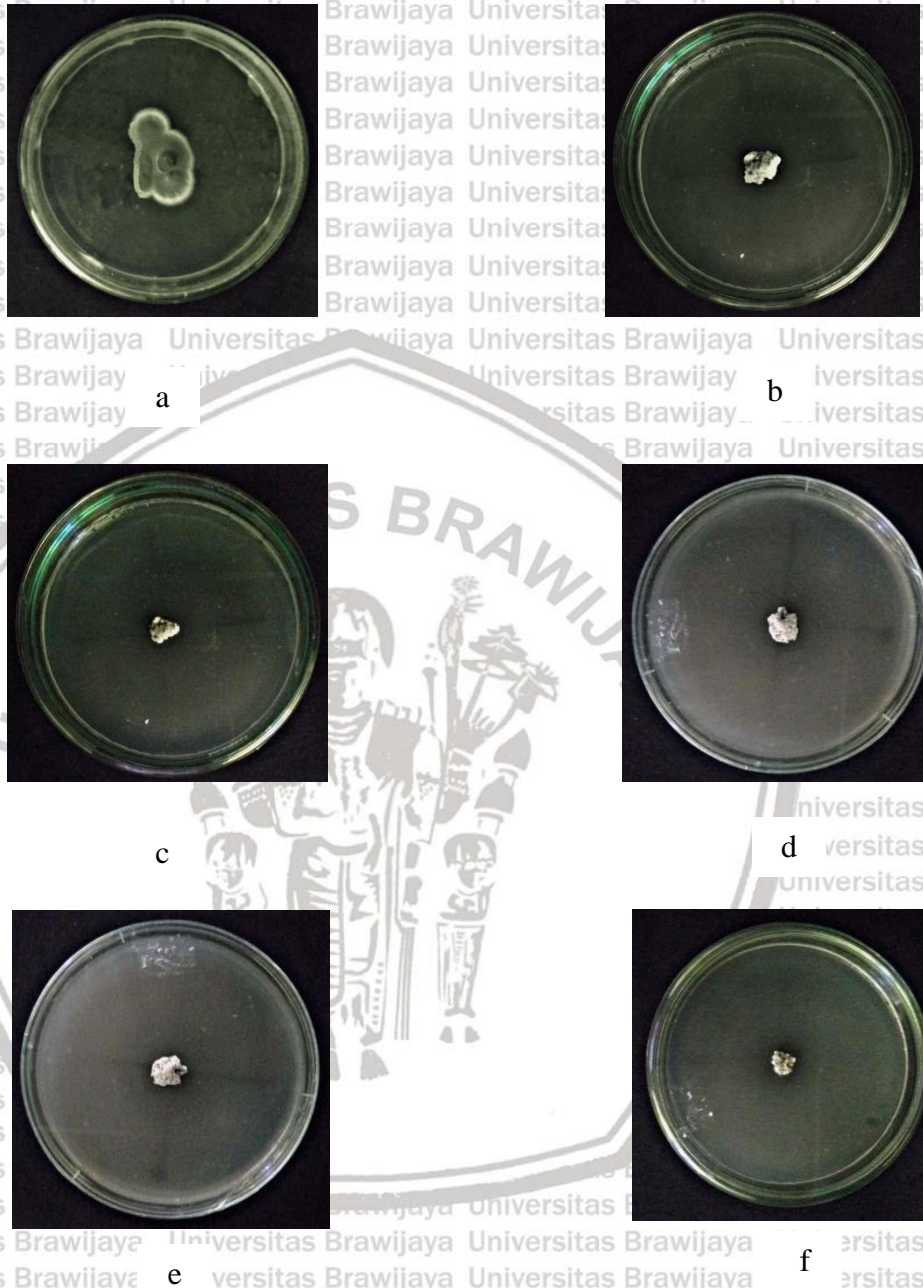
Gambar Lampiran 2. Koloni *Paecilomyces* sp. pada media PDA yang mengandung fungisida tebukonazol pada konsentrasi yang berbeda. a: 0 g/l; b: 1 g/l; c: 2 g/l; d: 3 g/l; e: 4 g/l; f: 5 g/l.



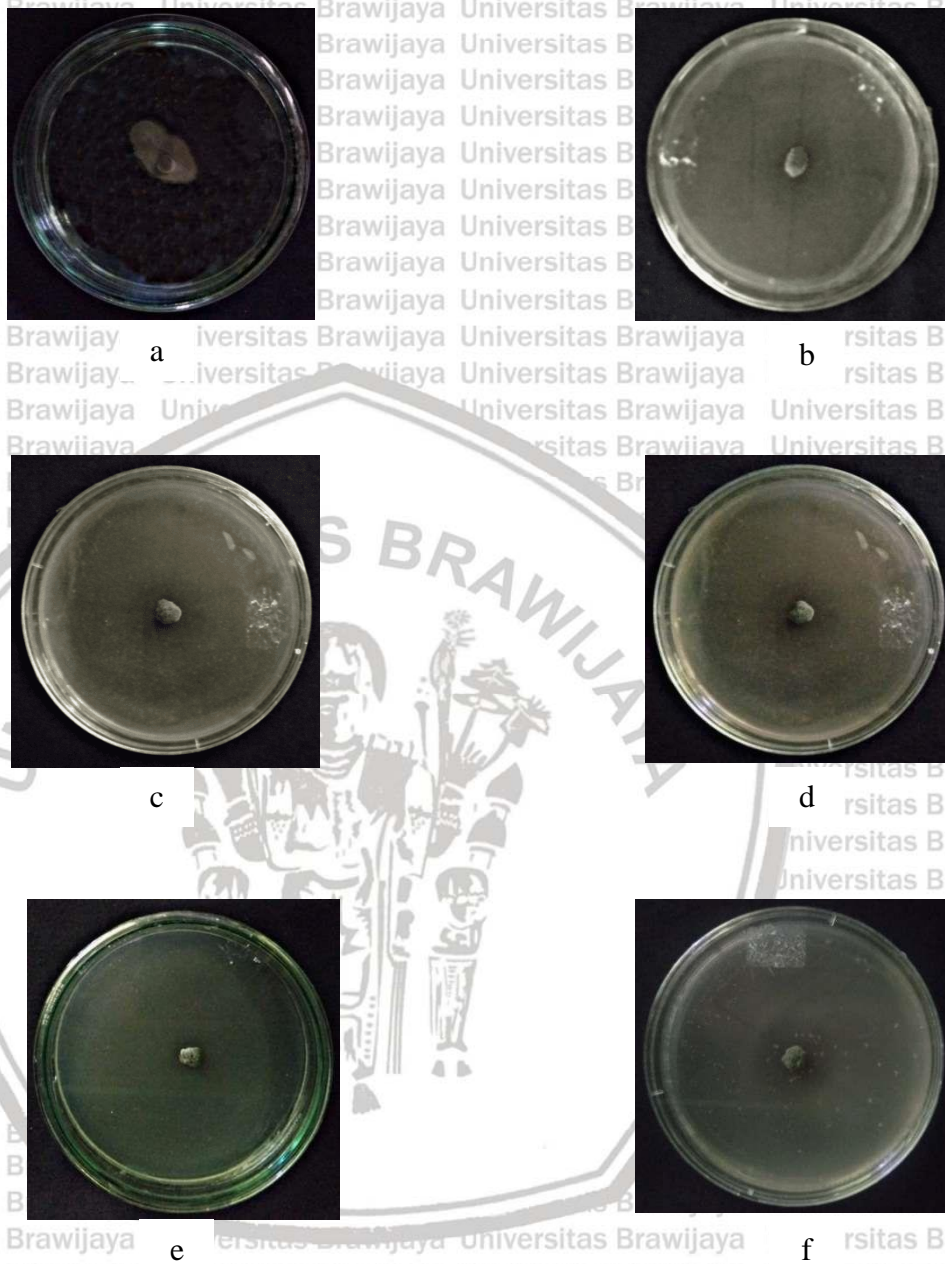
Gambar Lampiran 3. Koloni *Penicillium* sp.1 pada media PDA yang mengandung fungisida tebukonazol pada konsentrasi yang berbeda. a: 0 g/l; b: 1 g/l; c: 2 g/l; d: 3 g/l; e: 4 g/l; f: 5 g/l.



Gambar Lampiran 4. Koloni *Penicillium sp.2* pada media PDA yang mengandung fungisida tebuconazol pada konsentrasi yang berbeda. a:0 g/l; b: 1 g/l; c: 2 g/l; d: 3 g/l; e: 4 g/l; f: 5 g/l.



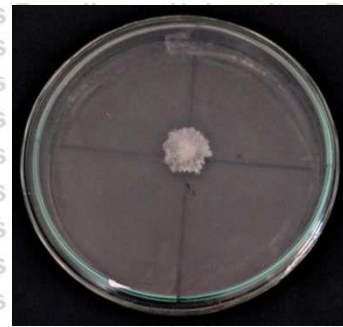
Gambar Lampiran 5. Koloni *Penicillium* sp.3 pada media PDA yang mengandung fungisida tebukonazol pada konsentrasi yang berbeda. a: 0 g/l; b: 1 g/l; c: 2 g/l; d: 3 g/l; e: 4 g/l; f: 5 g/l.



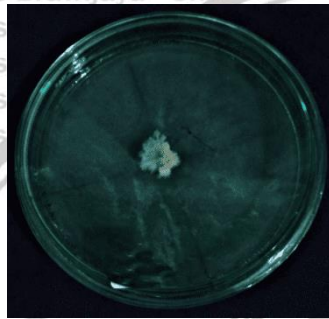
Gambar Lampiran 6. Koloni *Penicillium* sp.4 pada media PDA yang mengandung fungisida tebuconazol pada konsentrasi yang berbeda. a:0 g/l; b: 1 g/l; c: 2 g/l; d: 3 g/l; e: 4 g/l; f: 5 g/l.



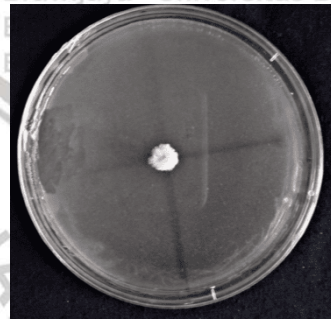
a



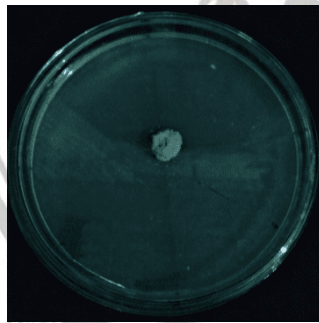
b



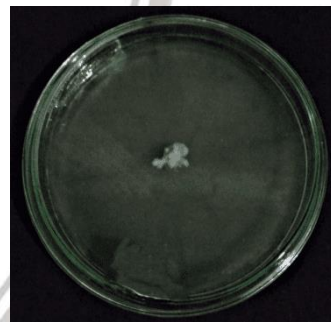
c



d

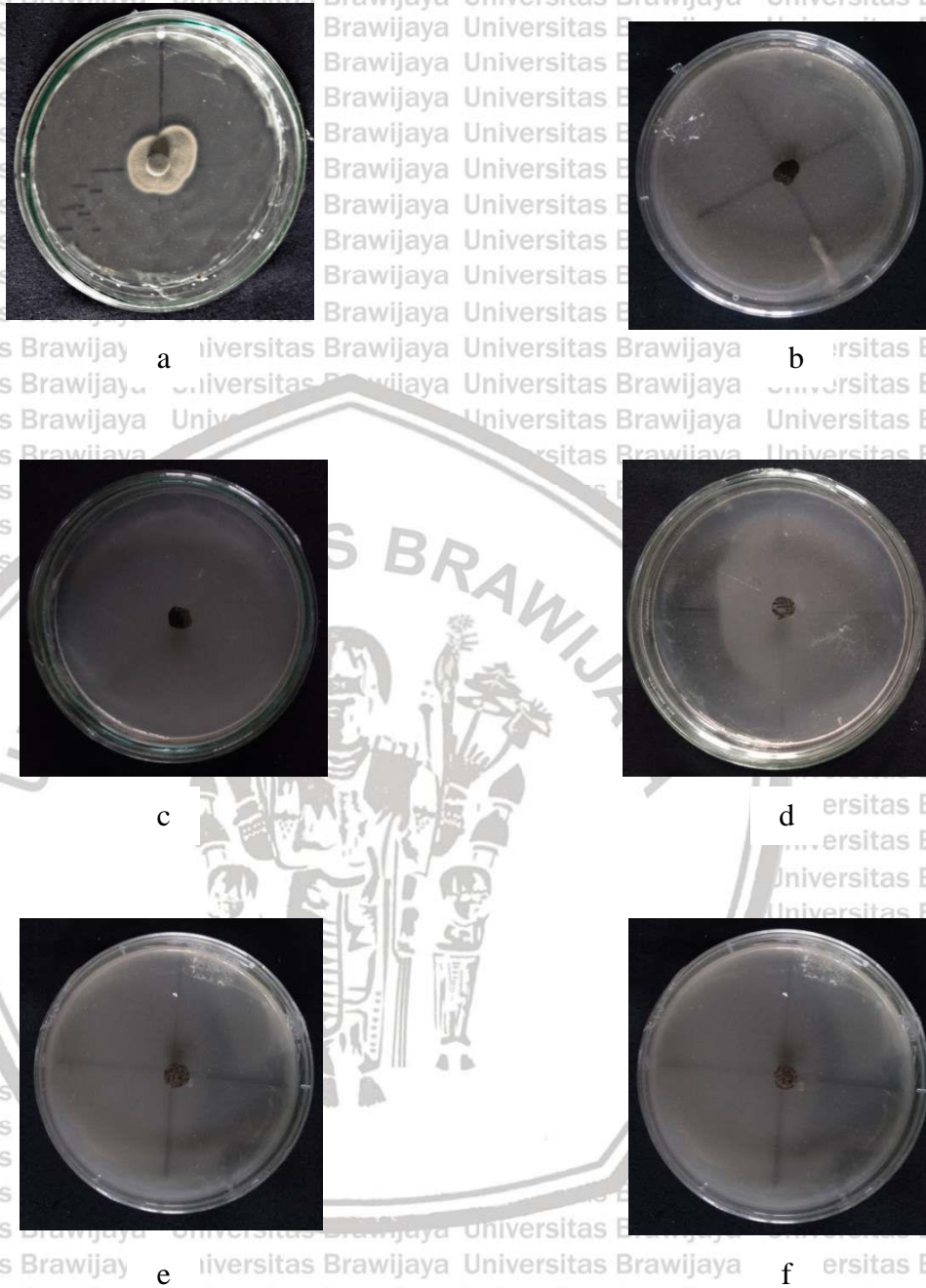


e

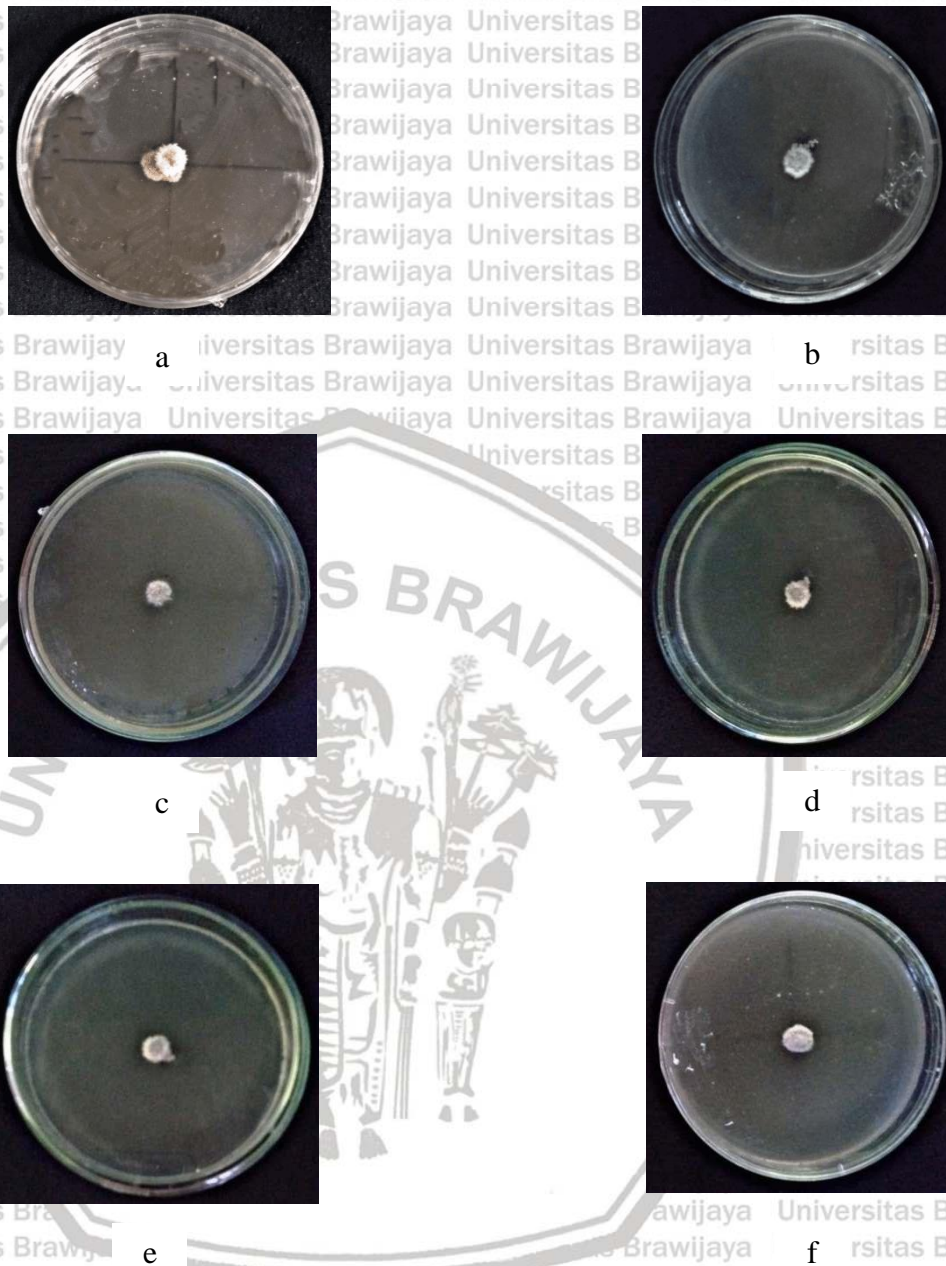


f

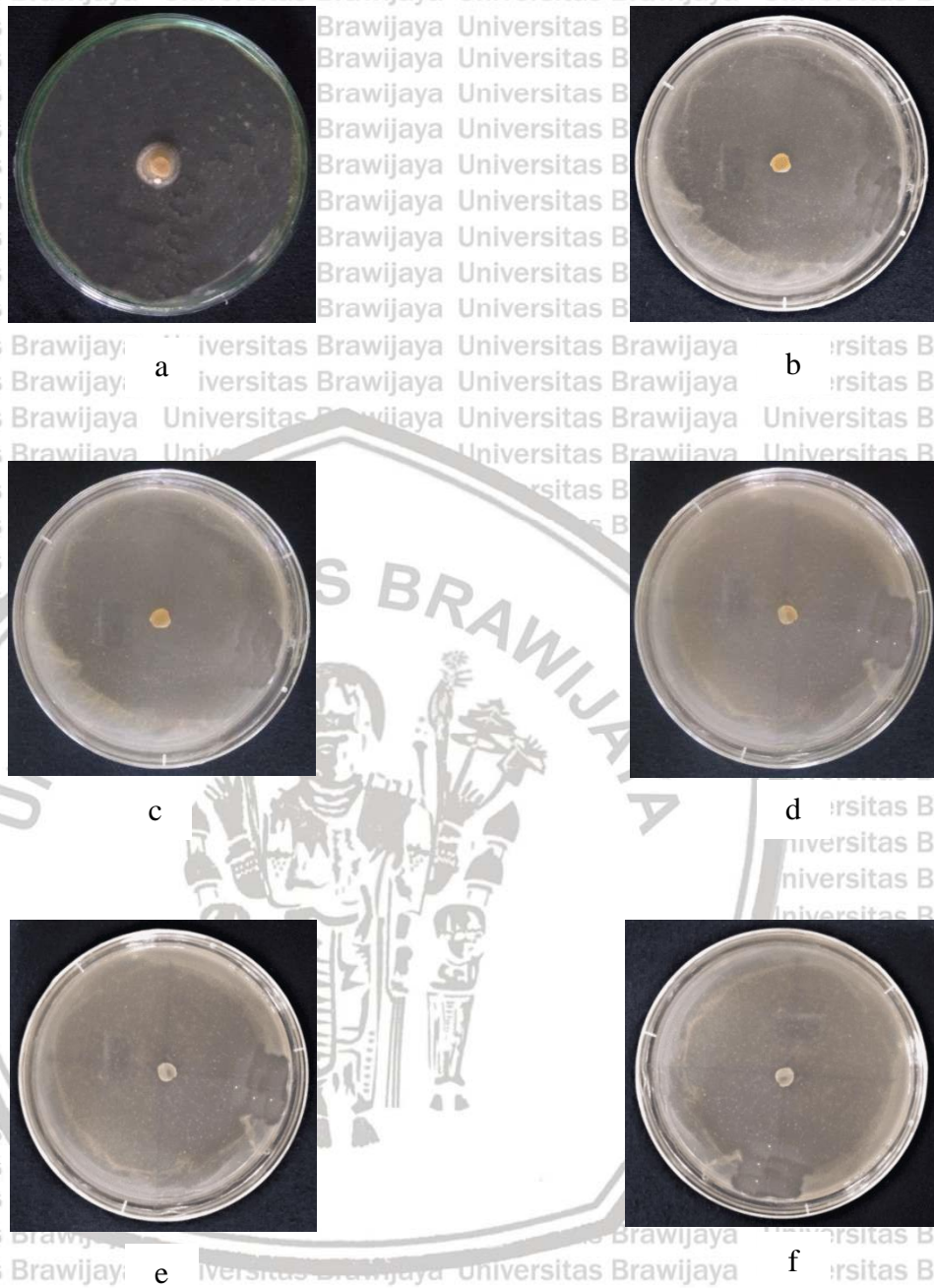
Gambar Lampiran 7. Koloni *Fusarium* sp.4 pada media PDA yang mengandung fungisida tebuconazol pada konsentrasi yang berbeda. a: 0 g/l; b: 1 g/l; c: 2 g/l; d: 3 g/l; e: 4 g/l; f: 5 g/l.



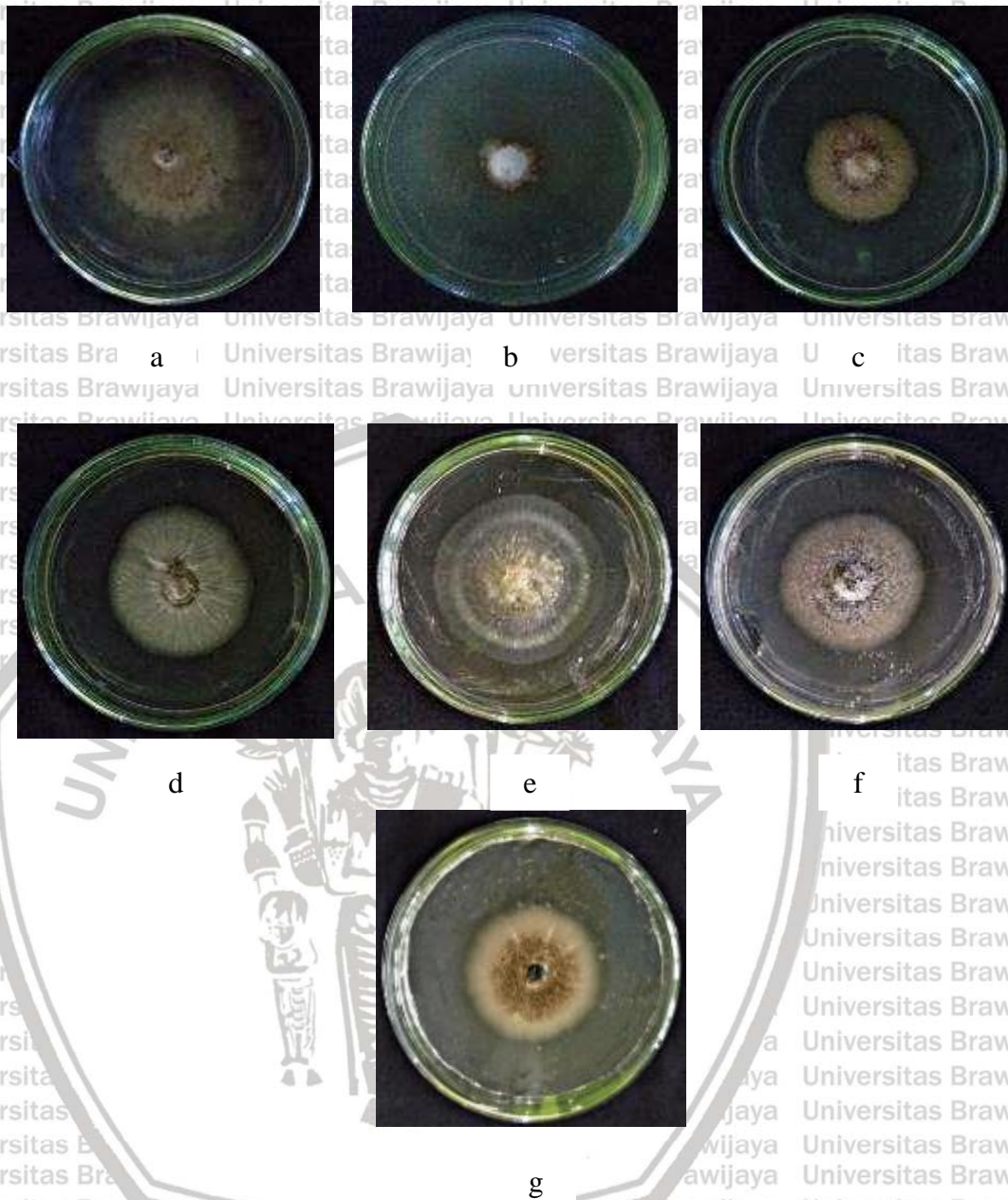
Gambar Lampiran 8. Koloni *Cladosporium* sp. pada media PDA yang mengandung fungisida tebukonazol pada konsentrasi yang berbeda. a: 0 g/l; b: 1 g/l; c: 2 g/l; d: 3 g/l; e: 4 g/l; f: 5 g/l.



Gambar Lampiran 9. Koloni *Aspergillus* sp. pada media PDA yang mengandung fungisida tebukonazol pada konsentrasi yang berbeda. a:0 g/l; b: 1 g/l; c: 2 g/l; d: 3 g/l; e: 4 g/l; f: 5 g/l.



Gambar Lampiran 10. Koloni *Aspergillus* sp. pada media PDA yang mengandung fungisida tebuconazol pada konsentrasi yang berbeda. a: 0 g/l; b: 1 g/l; c: 2 g/l; d: 3 g/l; e: 4 g/l; f: 5 g/l.



Gambar Lampiran 11. Koloni Jamur *C.capsici* pada uji degradasi tebukonazol secara *in vitro* pada media PDA a. Kontrol Positif b. Kontrol Negatif c. *Scopulariopsis* sp. d. *Paecilomyces* sp. e. *Penicillium* sp.1 f. *Penicillium* sp.2 g. *Aspergillus* sp.