EKSPLORASI DAN UJI POTENSI KHAMIR SEBAGAI BIOREMEDIATOR RESIDU FUNGISIDA BERBAHAN AKTIF KAPTAN SECARA IN VITRO

Oleh
RATNA EKA SARI PUTRI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG

2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

EKSPLORASI DAN UJI POTENSI KHAMIR SEBAGAI BIOREMEDIATOR RESIDU FUNGISIDA BERBAHAN AKTIF KAPTAN SECARA IN VITRO

Oleh

RATNA EKA SARI PUTRI

155040200111016

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN

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

2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. 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 2019

Ratna Eka Sari Putri

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian	:	Eksplorasi dan Uji Potensi Khamir sebagai Bioremediator Residu Fungisida Berbahan Aktif Kaptan Secara *In Vitro*
Nama	:	Ratna Eka Sari Putri
NIM	:	155040200111016
Program Studi	:	Agroekoteknologi
Minat	:	Hama dan Penyakit Tumbuhan

Disetujui

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping II,
Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D	Antok Wahyu Sektiono., SP., MP.
NIP. 19551212 198003 2 003	NIK. 201304 841014 1 001

Diketahui,
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan : 27 JUL 2019

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS.
NIP. 19550821 198002 1 002

Penguji II,

Antok Wahyu Sektiono, SP.,MP.
NIK. 201304 841014 1 001

Penguji III,

Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D.
NIP. 19551212 198003 2 003

Penguji IV,

Dr. Akhmad Rizali, SP.,M.Si.
NIK. 201405 770415 1 001

Tanggal Lulus : 01 AUG 2019

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

RATNA EKA SARI PUTRI. 155040200111016. Eksplorasi Dan Uji Potensi Khamir Sebagai Bioremediator Residu Fungisida Berbahan Aktif Kaptan 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.

Kaptan merupakan salah satu bahan aktif fungisida yang biasa digunakan petani untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh jamur, yang bekerja secara non sistemik dan berfungsi sebagai protektan tanaman dari patogen. Beberapa patogen tanaman yang dapat dikendalikan dengan fungisida ini yaitu *Alternaria porri* dan *Colletotricum capsici*. Penggunaan fungisida kaptan secara terus menerus dapat meninggalkan residu di lingkungan terutama di tanah. Salah satu teknik untuk mengurangi residu fungisida kaptan yaitu bioremediasi. Bioremediasi merupakan suatu cara untuk menghilangkan residu fungisida dengan memanfaatkan mikroorganisme. Tujuan dari penelitian adalah untuk mendapatkan khamir di lahan yang tercemar residu fungisida berbahan aktif kaptan, mengetahui khamir yang adaptif pada berbagai konsentrasi fungisida dan berpotensi untuk mengurangi toksisitas fungisida berbahan aktif kaptan.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya pada bulan November 2018 sampai dengan April 2019. Pelaksanaan penelitian dilakukan secara bertahap. Tahap pertama meliputi eksplorasi khamir pada lahan tercemar fungisida kaptan. Selanjutnya dilakukan pemurnian untuk mendapatkan koloni murni khamir dan diidentifikasi hingga tingkat genus. Dalam penelitian ini digunakan 10 isolat khamir, 6 isolat merupakan hasil eksplorasi yaitu *Candida* sp. (CnRB1), *Candida* sp. (CnRB2), *Pichia* sp. (PcRB1), *Pichia* sp. (PcRB2), *Pichia* sp. (PcRB3), *Debaryomyces* sp. (DbRB), dan 4 isolat merupakan koleksi laboratorium yaitu *Saccharomyces* sp. (ScRC), *Pichia* sp. (PcRC), *Candida* sp. (CnRC), *Rhodotorula* sp. (RdRC). Tahap kedua yaitu uji adaptasi khamir terhadap fungisida kaptan menggunakan rancangan acak lengkap faktorial sebanyak 3 kali ulangan dengan khamir hasil eksplorasi dan koleksi laboratorium dan konsentrasi fungisida kaptan sebagai faktor. Parameter yang diamati yaitu panjang koloni khamir pada media peracunan. Kemampuan khamir dalam mendegradasi fungisida kaptan dilihat pada uji degradasi dengan mengamati pertumbuhan diameter *A. porri*. Tahap ketiga yaitu uji degradasi menggunakan rancangan acak lengkap sebanyak 3 kali ulangan dengan 12 perlakuan yang terdiri dari 10 khamir dengan 2 macam kontrol yaitu kontrol positif dan kontrol negatif.

Hasil dari eksplorasi khamir diperoleh 6 isolat khamir yaitu *Candida* sp. (CnRB 1), *Pichia* sp. (PcRB 1), *Pichia* sp. (PcRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 3), *Candida* sp. (CnRB 2), *Debaryomyces* sp. (DbRB). Identifikasi khamir dilakukan berdasarkan ciri morfologi jamur. Pada uji adaptasi keseluruhan khamir mampu tumbuh pada media yang ditambahkan berbagai konsentrasi anjuran produk fungisida. Pada uji degradasi khamir yang memiliki rerata diameter *A. porri* paling kecil pada pengamatan hari kesatu sampai hari ketujuh yaitu pada perlakuan kontrol positif. Hal ini menunjukkan bahwa toksisitas fungisida masih tinggi. Sedangkan pada perlakuan dengan penambahan khamir, rerata diameter *A. porri* paling besar pada hari ke tujuh pengamatan yaitu *Candida* sp. (CnRB 2) sebesar 5,60 cm, *Pichia* sp. (PcRC) sebesar 5,57 cm, dan *Saccharomyces* sp. (ScRC) sebesar 4,70 cm dan *Rhodotorula* sp. (RdRC) sebesar 4,70 cm.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

SUMMARY

Ratna Eka Sari Putri. 155040200111016. Yeast Exploration and Potential Test as Bioremediator of Captan Fungicide Residue in Vitro. Supervised by Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D and Antok Wahyu Sektiono, SP.,MP.

Captan is one of the active ingredients of fungicides commonly used by farmers to control diseases caused by fungi, which is works non-systemically and functions as plant protectant from pathogens. Some plant pathogens that can be controlled by this fungicide are *Alternaria porri* and *Colletotrichum capsici*. Regular use of captan fungicide leave residue in the environment particularly in the soil. Therefore, efforts have to be made to destroy the fungicide residue. Bioremediation is one of the technique to destroy fungicide residue using microorganism. The purpose of the study was to obtain yeast from soil contaminated with captan residue, knowing that yeast was adaptive at various concentrations of fungicides and potential to reduce the toxicity of captan fungicides.

This study was conducted at the Laboratory of Plant Diseases, Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, UB from November 2018 to April 2019. This study was carried out in three stages. The first stage was yeast exploration from contaminated soil with captan fungicides. Then purification was done to get pure yeast colonies and were identified to the genus level. In this experiment, 10 yeast isolates were used, 6 isolates were the result of exploration namely *Candida* sp. (CnRB1), *Candida* sp. (CnRB2), *Pichia* sp. (PcRB1), *Pichia* sp. (PcRB2), *Pichia* sp. (PcRB3), *Debaryomyces* sp. (DbRB), and 4 isolates from laboratory collection namely *Saccharomyces* sp. (ScRC), *Pichia* sp. (PcRC), *Candida* sp. (CnRC), *Rhodotorula* sp. (RdRC). The second stage was the test of yeast adaptation to captan fungicides using a factorial complete randomized design of 3 replications with yeast exploration results and laboratory collection and fungicide concentration as factor. The parameters observed were the length of yeast colonies in poisoning media. The ability of yeast to degrade captan fungicide was seen in the degradation test by observing the growth of diameter of *A. porri*. The third stage was the degradation test using a complete randomized design of 3 replications with 12 treatments consisting of 10 yeasts with 2 types of controls namely positive control and negative control.

Yeast exploration resulted 6 yeast isolates, there were *Candida* sp. (CNRB 1), *Pichia* sp. (PcRB 1), *Pichia* sp. (PcRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 3), *Candida* sp. (CnRB 2), *Debaryomyces* sp. (DbRB). Identification of yeast was done based on the morphological characteristics of the fungus. In the overall test of adaptation yeast is able to grow on a medium added with various recommended concentrations of fungicide products. In the yeast degradation test which had the smallest average diameter of *A. porri* in the first day observation until the seventh day, that was the positive control treatment. This showed that fungicide toxicity was still high. Whereas in the treatment with addition of yeast, the average diameter of *A. porri* was greatest on the seventh day of observation, there were *Candida* sp. (CNRB 2) of 5.60 cm, *Pichia* sp. (PcRC) of 5.57 cm, and *Saccharomyces* sp. (ScRC) of 4.70 cm and *Rhodotorula* sp. (RdRC) of 4.70 cm.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Eksplorasi Dan Uji Potensi Khamir Sebagai Bioremediator Residu Fungisida Berbahan Aktif Kaptan Secara *In Vitro*.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Ibu Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D dan Bapak Antok Wahyu Sektiono, SP.,MP. selaku pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang sangat penting bagi penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS selaku ketua jurusan Hama Dan Penyakit Tumbuhan, kedua orang tua dan adik yang selalu memberikan doa, semangat dan motivasi kepada penulis serta teman-teman Laboratorium Bioteknologi, seluruh dosen, karyawan dan teman-teman mahasiswa jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan dan seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Penulis berharap semoga hasil dari skripsi ini bermanfaat bagi banyak pihak serta dapat memberikan sumbangan pemikiran untuk kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Agustus 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di kota Lumajang pada tanggal 6 Juni 1997 dari pasangan Bapak Sapari dan Ibu Siti Aminah. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Riwayat pendidikan penulis pernah menempuh taman kanak-kanak di RA Muslimat NU Purwosono Kabupaten Lumajang dari tahun 2001 sampai 2003, lalu melanjutkan pendidikan di MI Nurul Islam Petahunan pada tahun 2003 sampai 2009. Pada tahun 2009 sampai 2010 melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Sukodono, kemudian menempuh pendidikan di SMAN 2 Lumajang pada tahun 2012 sampai 2015. Tahun 2015, penulis penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Penulis pernah aktif menjadi anggota Hubungan Masyarakat Forum Komunikasi Agroekoteknologi (FORKANO) pada tahun 2016. Kepanitian yang pernah diikuti oleh penulis diantaranya anggota Divisi Pendamping di kepanitian RANTAI VIII pada tahun 2017, anggota divisi Komunikasi Petani Tim Klinik Tanaman 2017, Koordinator Divisi Hubungan Masyarakat di Kepanitiaan Komisi Penyelenggara Pemilihan (KPP) Himapta 2017. Koordinator Divisi Kesehatan di kepanitiaan Pendidikan Dasar dan Orientasi Terpadu Keprofesian (Proteksi) 2018, dan Koordinator Panitia Pengarah Tim Klinik Tanaman 2018. Penulis melakukan magang kerja kurang lebih selama 3 bulan di Balai Besar Karantina Pertanian Surabaya.

DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN i
SUMMARY ii
KATA PENGANTAR iii
RIWAYAT HIDUP iv
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR ix
I. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan Penelitian 2
1.3 Hipotesis Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
II. TINJAUAN PUSTAKA 3
2.1 Bioremediasi 3
2.2 Pestisida 4
2.3 Kaptan 6
2.4 Khamir 7
III. METODE PENELITIAN 11
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 11
3.2 Alat dan Bahan 11
3.3 Metode Penelitian 11
3.4 Analisis Data 15
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 16
4.1 Karakteristik Morfologi Khamir 16
4.2 Kemampuan Adaptasi Khamir Terhadap Fungisida Berbahan Aktif Kaptan 22
4.3 Kemampuan Khamir dalam Mendegradasi Fungisida Kaptan secara in Vitro 24
V. KESIMPULAN DAN SARAN 28
5.1 Kesimpulan 28
5.2 Saran 28
DAFTAR PUSTAKA 29
LAMPIRAN 32

repository.ub.ac.id

DAFTAR TABEL

Nomor Halaman

Teks

1. Klasifikasi pestisida berdasarkan daya racun yang ditetapkan oleh WHO 5
2. Nilai BMR Kaptan pada Berbagai Komoditas Pertanian 7
3. Berbagai habitat khamir di dunia 9
4. Rerata Panjang Koloni Khamir Pada Berbagai Konsentrasi Fungisida Kaptan 23
5. Rerata Panjang Diameter *A. Porri* sebagai Indikator Uji Degradasi Fungisida Kaptan oleh Khamir (cm) 25

Lampiran

1. Analisis ragam uji adaptasi khamir terhadap kaptan 32
2. Analisis ragam uji degradasi Hari ke 1 32
3. Analisis ragam uji degradasi Hari ke 2 32
4. Analisis ragam uji degradasi Hari ke 3 32
5. Analisis ragam uji degradasi Hari ke 4 32
6. Analisis ragam uji degradasi Hari ke 5 33
7. Analisis ragam uji degradasi Hari ke 6 33
8. Analisis ragam uji degradasi Hari ke 7 32

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR GAMBAR

Nomor Halaman

Teks

1. Struktur Kimia Kaptan 6
2. Struktur sel khamir.. 8
3. Khamir *Candida* sp. (CnRB 1) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah..... 16
4. Khamir *Pichia* sp. (PcRB 1) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah 17
5. Khamir *Candida* sp. (CnRB 2) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah..... 18
6. Khamir *Pichia* sp. (PcRB 2) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah. 18
7. Khamir *Pichia* sp. (PcRB 3) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah 19
8. Khamir *Debaromyces* sp. (DbRB) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah..... 19
9. Khamir *Saccharomyces* sp. (ScRC) yang diisolasi dari tanaman cabai 20
10. Khamir *Pichia* sp. (PcRC) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman cabai . 21
11. Khamir *Candida* sp. (CnRC) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman cabai. 21
12. Khamir *Rhodotorula* sp. (RdRC) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman cabai..... 22

Lampiran

1. Koloni *Candida* sp. (CnRB 1) pada media peracunan 34
2. Koloni *Pichia* sp. (PcRB 1) pada media peracunan 35
3. Koloni *Saccharomyces* sp. (ScRC) pada media peracunan 36
4. Koloni *Pichia* sp. (PcRC) pada media peracunan 37
5. Koloni *Candida* sp. (CnRC) pada media peracunan 38
6. Koloni *Rhodotorula* sp. (RdRC) pada media peracunan 39
7. Koloni *Candida* sp. (CnRB 2) pada media peracunan 40
8. Koloni *Pichia* sp. (PcRB 2) pada media peracunan 41
9. Koloni *Pichia* sp. (PcRB 3) pada media peracunan 42
10. Koloni *Debaryomyces* sp. (DbRB) pada media peracunan 43
11. Penampakan makroskopis koloni jamur *A. porri*. pada uji degradasi ... 45
12. Penampakan makroskopis koloni jamur *A. porri*..... 46

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) yang tinggi, kesuburan tanah yang munurun, perubahan iklim mikro, dan penggunaan bibit dengan mutu rendah merupakan beberapa faktor penghambat dalam produktivitas tanaman (Widiarti *et al.,* 2017). OPT yang menyerang tanaman dapat berupa jamur patogen. Upaya pengendalian yang dilakukan untuk mengendalikan jamur patogen umumnya masih menggunakan pestisida salah satunya fungisida. Penggunaan fungisida di dunia menempati urutan ketiga setelah herbisida dan insektisida dengan total penggunaan mencapai 24% (Zhang *et al*, 2011).

Penggunaan fungisida secara terus menerus untuk mengendalikan jamur patogen dapat menimbulkan berbagai dampak yang negatif seperti adanya residu fungisida yang tertinggal pada tanaman dan tanah. Penggunaan fungisida merupakan faktor luar yang menyebabkan pencemaran tanah sehingga dapat membahayakan mikroorganisme tanah (Wardana, 2001). Kaptan merupakan salah satu bahan aktif fungisida yang biasa digunakan petani untuk mengendalikan penyakit patogen tular tanah (*soil borne disease*). Kaptan bekerja secara kontak dan berfungsi sebagai protektan tanaman dari infeksi patogen. Beberapa patogen tanaman yang dapat dikendalikan dengan fungisida ini yaitu *Alternaria porri* pada bawang merah dan *Colletotrichum capsici* pada cabai (Djojosumarto, 2008).

Residu fungisida pada produk pertanian tidak hanya dapat menimbulkan kerusakan pada lingkungan namun juga dapat mengganggu kesehatan bagi konsumen. Residu fungisida bersifat akumulatif pada tubuh dan terdistribusi melalui rantai makanan dengan kecenderungan konsumen yang menempati piramida makanan tertinggi (manusia) yang terdistribusi lebih banyak residu fungisida. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi residu fungisida yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme yang mampu memproduksi enzim yang mampu merubah molekul yang besar menjadi molekul yang lebih kecil yang disebut bioremediasi. Bioremediasi dapat diartikan sebagai cara untuk memulihkan lahan dari polutan dengan mengeksploitasi kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik (Nuryana, 2018).

Khamir merupakan salah satu mikroorganisme yang tersedia melimpah di alam. Di tanah, khamir memiliki peranan penting untuk menstimulasi dekomposisi

dan mineralisasi senyawa organik di dalam tanah. Selain itu, khamir juga memegang peran penting dalam hidrolisis selulosa yang berada di dalam tanah. Khamir dikenal memiliki rentang ekologi yang cukup luas dan mampu hidup pada daerah ekstrem serta umumnya banyak ditemukan pada lingkungan yang memiliki bahan organik tinggi. Beberapa kelompok khamir yang dominan ditemukan dalam ekosistem tanah adalah genus *Cryptococcus*, *Candida* dan *Debaryomyces* (Kanti, 2007).

Upaya untuk mengendalikan pencemaran fungisida berbahan aktif kaptan belum banyak dilakukan, sehingga perlu dilakukan suatu cara untuk mengurangi residu fungisida yang ada di dalam tanah. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu menggunakan mikroorganisme yang dapat memecah molekul kaptan menjadi molekul yang lebih sederhana. Sebagai upaya awal, maka diperlukan eksplorasi mikroorganisme yaitu khamir yang berpotensi dalam mendegradasi fungisida berbahan aktif kaptan di laboratorium.

1.2 Tujuan Penelitian

Kegiatan dari penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan khamir di lahan yang tercemar residu fungisida berbahan aktif kaptan, mengetahui khamir yang adaptif pada berbagai konsentrasi fungisida dan berpotensi untuk mengurangi toksisitas fungisida berbahan aktif kaptan.

1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini yaitu khamir dapat ditemukan pada lahan yang diduga tercemar fungisida berbahan aktif kaptan serta mampu beradaptasi pada berbagai konsentrasi pestisida sesuai dengan anjuran produk dan berpotensi mengurangi toksisitas fungisida berbahan aktif kaptan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memberikan salah satu alternatif untuk mendegradasi residu fungisida berbahan aktif kaptan secara biologi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioremediasi

2.1.1 Pengertian Bioremediasi

Bioremediasi merupakan suatu cara untuk menguraikan limbah organik maupun anorganik polutan secara biologi dalam kondisi yang terkendali dengan tujuan untuk mengontrol, mereduksi atau mereduksi bahan pencemar lingkungan (Suryani, 2011). Bioremediasi terjadi karena enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan.

Bioremediasi adalah penggunaan organisme hidup, terutama mikroorganisme, untuk menurunkan kontaminan lingkungan menjadi bentuk yang kurang beracun. Teknik ini menggunakan bakteri alami dan jamur atau tanaman untuk menurunkan atau mendetoksifikasi zat berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Mikroorganisme tersebut berasal dari daerah yang terkontaminasi atau diisolasi dari tempat lain dan dibawa ke daerah yang terkontaminasi (Vidali, 2001).

Bioremediasi merupakan cara ramah lingkungan untuk membersihkan lingkungan dari bahan pencemar seperti logam berat, hidrokarbon, pestisida maupun zat radioaktif dengan menggunakan agen biologi seperti tumbuhan maupun mikroba (Yazid, 2007).

2.1.2 Macam-Macam Bioremediasi

Teknik bioremediasi dibagi menjadi dua yaitu bioremediasi *in situ* dan *ex situ* (Vidali, 2001). Bioremediasi *in situ* merupakan teknik bioremediasi yang dilakukan pada tanah yang telah terkontaminasi dengan menambahkan mikroba kedalam tanah. Metode bioremediasi *in situ* dibagi menjadi beberapa macam antara lain :

a. *Bioventing* yaitu penyediaan udara dan nutrisi melalui sumber-sumber ke tanah yang terkontaminasi untuk merangsang pertumbuhan bakteri yang ada didalam tanah.
b. Biodegradasi *in situ* yaitu penyediaan nutrisi dengan sirkulasi larutan berair melalui tanah yang terkontaminasi untuk merangsang bakteri yang terjadi secara alami untuk mendegradasi kontaminan organik.

c. *Biosparging* yakni penambahan udara di bawah tekanan permukaan air untuk meningkatkan konsentrasi oksigen di dalam tanah dan meningkatkan laju degradasi biologis kontaminan oleh bakteri secara alami.
d. Bioaugmentasi yakni penambahan mikroba dari luar ketika mikroflora asli tidak dapat memecah polutan atau ketika populasi mikroorganisme yang mampu menurunkan kontaminan tidak cukup besar.

Bioremediasi *ex situ* merupakan metode dengan melibatkan penggalian atau penghilangan tanah yang terkontaminasi oleh polutan. Metode bioremediasi *ex situ* dibagi menjadi beberapa macam antara lain :

a. *Landfarming* yakni teknik sederhana di mana tanah yang terkontaminasi digali dan disebarkan di atas lahan yang bertujuan untuk menstimulasi degradasi secara aerobik dan secara berkala diamati sampai polutan terdegradasi.
b. *Composting* yakni teknik yang melibatkan penggabungan tanah yang terkontaminasi dengan bahan organik seperti kotoran ternak atau limbah pertanian.
c. *Biopiles* yakni perpaduan antara *landfarming* dan *composting.*
d. *Bioreactor* yakni teknik bioremediasi dengan menggunakan reaktor berair untuk tanah atau air yang terkontaminasi.

2.2 Pestisida

2.2.1 Pengertian Pestisida

Pestisida merupakan 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-hasil pertanian, memberantas rerumputan, mematikan daun dan mencegah pertumbuhan yang tidak diinginkan, mengatur atau merangsang pertumbuhan tanaman atau bagian-bagian tanaman tidak termasuk pupuk, memberantas atau mencegah hama-hama luar pada hewan-hewan piaraan dan ternak, memberantas atau mencegah hama-hama air, memberantas atau mencegah binatang-binatang dan jasad-jasad renik dalam rumah tangga, bangunan dan dalam alat-alat pengangkutan, dan/atau memberantas atau mencegah binatang-binatang yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia atau binatang yang perlu dilindungi dengan penggunaan pada tanaman, tanah dan air (Peraturan Menteri Pertanian No 107 Pasal 1).

Pestisida merupakan substansi atau campuran substansi yang digunakan untuk mencegah, menghancurkan, menolak, atau mengurangi kerusakan oleh

hama. Hama yang menyerang dapat disebabkan oleh serangga, patogen tanaman, gulma, moluska, burung, mamalia, ikan, nematoda atau mikroba yang lain. Pestisida yang paling umum digunakan yaitu dari insektisida, herbisida, fungisida dan rodentisida (Eldridge, 2008). Pestisida secara umum digunakan pada bidang kesehatan dan pertanian. Pestisida berguna pada bidang kesehatan untuk membunuh vektor penyakit seperti nyamuk sementara pada bidang pertanian digunakan untuk membunuh hama.

Mahmood *et al*. (2015), menyatakan pestisida merupakan zat kimia beracun, campuran zat atau agen biologis yang sengaja dilepaskan ke lingkungan untuk mencegah, menghalangi, mengendalikan dan/atau membunuh dan menghancurkan populasi serangga, gulma, hewan pengerat, jamur atau hama berbahaya yang lain. Pestisida bekerja dengan menarik dan menghancurkan atau mengurangi hama.

2.2.2 Klasifikasi Tingkat Bahaya Pestisida

Tingkatan bahaya pestisida bergantung pada risiko kesehatan dan perilaku racun pestisida. *World Health Organization* (WHO) mengklasifikasikan tingkatan bahaya pestisida kedalam empat kategori. WHO melalukan percobaan tingkat bahaya pestisida terhadap tikus melalui mulut dan kulit. Hasil dari percobaan tersebut digunakan untuk memperkirakan median dosis mematikan (LD_{50}) yang menghasilkan kematian 50% dari hewan yang terpapar. Toksisitas pestisida secara inhalasi juga dapat diketahui dari LC_{50} yaitu konsentrasi pestisida di udara yang mengakibatkan 50% hewan percobaan mati (Raini, 2007). Klasifikasi pestisida berdasarkan daya racunnya secara internasional menurut *World Health Organization* (WHO, 2009) (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi pestisida berdasarkan daya racun yang ditetapkan oleh WHO (WHO, 2009)

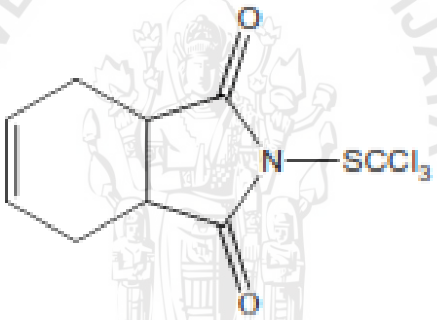
Kelas	Tingkat Bahaya	Nilai LD_{50} untuk tikus (mg/kg berat badan)	
		Lewat Mulut	Lewat Kulit
A	Sangat berbahaya	< 5	< 50
I b	Tingkat Bahaya Tinggi	5-50	50-200
II	Cukup Berbahaya	50-2000	200-2000
III	Sedikit Berbahaya	> 2000	> 2000
U	Sangat sedikit menimbulkan bahaya	5000 atau lebih	

2.3 Kaptan

2.3.1 Karakteristik Kaptan

Kaptan merupakan fungisida yang umum digunakan untuk mengontrol beberapa patogen seperti *Botrytis, Fusarium, Fusicoccum, Pythium*, dan lain-lain pada dosis anjuran dalam kisaran 1,5-10 kg/ha (Barbera, 1989 dalam Toledo *et al*., 1998). Kaptan, kaptafol dan folpet merupakan fungisida yang masuk kedalam golongan ftalimida (FRAC*,* 2018).

Kaptan memiliki spesifikasi berbentuk kristal tidak berwarna atau padatan putih dengan berat molekul sebesar 300,59. Titik lebur pada suhu 172^0C, kepadatan relatif 1,71, tekanan uap $4{,}2x10^{-6}$Pa pada suhu 20^0C. Nama umum ISO kaptan dengan nama kimia N-(trichloromethylthio)cyclohex-4-ene-1,2-dicarboximide (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). Kaptan mempunyai struktur molekul kimia $C_9H_8Cl_3NO_2S$ (Gambar 1). Senyawa kaptan memiliki ikatan unsur karbon, nitrogen, sulfur, oksigen, dan klor.



Gambar 1. Struktur Kimia Kaptan (FAO, 2018)

Tanaman tomat dan selada yang diaplikasikan sebanyak 4 kali dengan fungisida kaptan sebanyak 4,5 kg/ha dengan interval 7 hari. Tanaman kemudian di panen setelah 3 jam aplikasi diketahui masih meninggalkan bahan radioaktif pada daun dan buah tomat serta daun pada selada (FAO, 2018). Menurut Strid *et al*. (2018), fungisida berbahan aktif kaptan mampu bertahan di dalam tanah selama 1 sampai 24 hari setelah aplikasi, sedangkan di permukaan tanaman dapat bertahan selama 10 sampai 43 hari setelah aplikasi.

Sasaran fungisida kaptan bekerja secara kontak dimana bahan aktif membuat lapisan penghalang pada permukaan jaringan tanaman. Lapisan penghalang tersebut dapat menhambat perkembangan spora jamur. Fungisida ini efektif digunakan sebelum terjadinya infeksi patogen (Djojosumarto, 2008). Fungisida kaptan tidak hanya mengendalikan penyakit dari golongan jamur

namun juga dapat memberikan efek kepada mikroorganisme non target seperti bakteri. Kaptan dan thiam dapat menghambat pertumbuhan bakteri denitrifikasi karena efeknya yang tidak spesifik terhadap senyawa biokimia yang mengandung tiol dalam sel target (Yang *et al.,* 2011).

2.3.2 Batas Maksimum Residu Kaptan

Residu pestisida merupakan zat tertentu yang terkandung dalam hasil pertanian baik sebagai akibat langsung maupun tidak langsung dari penggunaan pestisida, mencakup senyawa turunan pestisida, seperti senyawa hasil konversi metabolit, senyawa hasil reaksi, dan zat pengotor yang dapat memberikan pengaruh racun (Standar Nasional Indonesia, 2008). Batas Maksimum Residu (BMR) merupakan konsentrasi maksimum residu pestisida yang secara hukum diizinkan atau diketahui sebagai konsentrasi yang dapat diterima pada hasil pertanian yang dinyatakan dalam miligram per kilogram hasil pertanian (Standar Nasional Indonesia, 2008). Nilai BMR pada berbagai komoditas pertanian (Tabel 2).

Tabel 2. Nilai BMR Kaptan pada Berbagai Komoditas Pertanian (Standar Nasional Indonesia, 2007).

Komoditas	Nilai BMR (mg/kg)
Almond	0,3
Ampas anggur kering	10
Ampas apel kering	10
Anggur	2
Apel	25
Blueberri	20
Buah frambusit merah dan hitam	20
Buah persik	15
Jeruk	15
Kentang	0,05
Ketimun	3
Kismis	5
Nectarine	3
Paprika	10
Pir	15
Plum (termasuk prunes)	10
Selada	10
Strawberri	20
Tomat	15

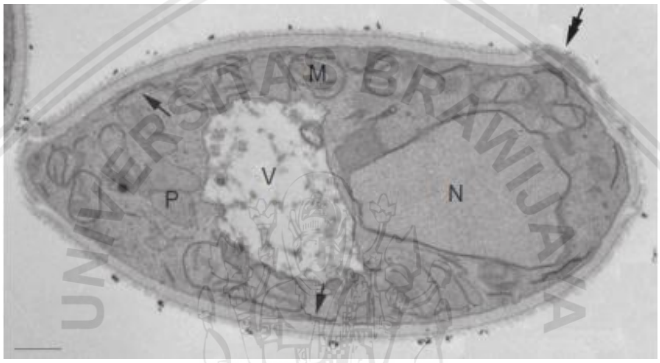
2.4 Khamir

2.4.1 Karakteristik Khamir

Khamir adalah jamur eukariotik uniseluler dengan sifat yang benar-benar berbeda dari bakteri, yang merupakan mikroorganisme prokariotik. Organel

penting khamir yaitu nukleus, aparatus golgi, mitokondria, retikulum endoplasma, vakuola, dan sitoskeleton (Gambar 2). Ukuran sel khamir biasanya 5 × 10µm. Identifikasi khamir dapat dilakukan berdasarkan morfologi sel, fisiologi, imunologi, dan menggunakan teknik biologi molekuler (Montes *et al*., 2016).

Reproduksi khamir ada 2 yaitu aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual khamir dilakukan dengan membentuk tunas atau anak sel, pembelahan sel (*fission*), atau produksi konidia pada tangkai pendek (sterigmata). Genus *Schizosaccharomyces* merupakan khamir yang melakukan reproduksi aseksual dengan cara pembelahan sel. Reproduksi seksual khamir dilakukan dengan membentuk askospora pada khamir *ascomycetous* dan basidiospora pada khamir *basidiomycetous* (Gandjar *et al.,* 2006).



Gambar 2. Struktur sel khamir. M: mitokondria, N: nukleus, P: peroksisom, V: vakuola. Panah tunggal menunjukkan Retikulum endoplasma dan panah ganda menunjukkan bekas goresan tunas dipisahkan dari sel induk (Kurtzman dan Fell, 1998).

Khamir merupakan organisme yang bersifat dimorfistik, yaitu memiliki 2 fase dalam siklus hidupnya yang bergantung pada keadaan lingkungannya. Fase hidup khamir yang pertama yaitu fase hifa (membentuk miselium) dan fase kedua yaitu fase khamir (membentuk sel tunggal). Khamir dapat membentuk hifa palsu (pseudohifa) yang tumbuh menjadi miselium palsu (pseudomiselium) dan ada pula sejumlah khamir yang dapat membentuk miselium sejati misalnya pada khamir *Trichospora* spp. Pseudomiselium merupakan sel-sel khamir yang memanjang dan tidak melepaskan diri dari sel induknya sehingga saling berhubungan membentuk rantai, misalnya *Candida* spp., *Kluveromyces* spp., dan *Pichia* spp. (Kurtzman dan Fell, 1998).

2.4.2 Ekologi Khamir

Keberadaan mikroorganisme sangat melimpah di alam meliputi udara, perairan, daratan atau tanah salah satunya khamir. Khamir dapat diisolasi dari

tanah, air, tumbuhan, hewan maupun serangga (Kanti, 2007). Identifikasi khamir di dunia saat ini baru dilakukan hanya 1%. Khamir yang terdaftar pada monograf khamir terdapat 89 genera dimana 42% genera ditemukan di Indonesia (Kurtzman dan Fell*.,* 1998).

Khamir ditemukan pada berbagai habitat di dunia seperti binatang, atmosfer, bangunan, tumbuhan dan lain-lain (Tabel 3). Jaringan tanaman seperti daun, bunga, dan buah merupakan habitat yang paling disukai Khamir. Tetapi beberapa genus khamir dapat bersimbiosis dengan hewan secara komensalisme maupun parasitisme (Walker, 2009).

Tabel 3. Berbagai habitat khamir di dunia (Walker, 2009)

Habitat	Deskripsi
Binatang	Beberapa khamir non-patogen berhubungan dengan saluran pencernaan dan kulit hewan berdarah panas. Khamir (seperti., *Candida albicans*) adalah patogen oportunistik untuk manusia dan hewan; khamir juga berasosiasi dengan organisme yang berperan sebagai vektor penting dalam penyebaran secara alami.
Atmosfer	Beberapa sel khamir juga dapat ditemukan disetiap meter kubik udara. Umumnya, *Cryptococcus, Debaryomyces* spp., *Rhodotorula*, dan *Sporobolomyces* tersebar di udara dari lapisan di atas permukaan tanah.
Bangunan dan lingkungan	Khamir biasanya ditemukan di gegedung-gedung seperti *Aureobasidium pullulans* ditemukan di dinding rumah yang lembab dan *S. cerevisiae* mudah diisolasi dari permukaan di kilang anggur.
Tumbuhan	Pada umumnya dipermukaan tanah terdapat khamir. Penyebaran khamir pada filosfer dibantu oleh serangga. Kehadiran beberapa senyawa organik di permukaan dan daerah pembusukan menciptakan kondisi yang menguntungkan untuk pertumbuhan khamir.
Tanah	Khamir dapat ditemukand di lahan yang dibudidayakan (hampir 10.000 sel / g tanah) dan berada hanya ditemukan di lapisan atas, aerobik tanah (10-15 cm). *Lipomyces* dan *Schwanniomyces* terisolasi secara khusus dari tanah
Air	Khamir mendominasi lapisan permukaan air tawar dan air asin, tetapi tidak dalam jumlah besar (hampir 1000 sel / L). Sebagian besar isolat khamir air adalah genus berpigmen merah (*Rhodotorula*). Spesies *Debaryomyces hansenii* adalah ragi halotoler yang dapat tumbuh di larutan air asin yang hampir jenuh.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya pada bulan November 2018 sampai dengan April 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *laminar air flow cabinet* (LAFC), cawan Petri, botol Schott (*volume* = 500 ml), gelas ukur, cetok, baskom, kotak es, tabung reaksi, bunsen, autoclaf, jarum Ose, stik L, spatula, *Microwave,* labu *Erlenmeyer*, mikroskop, timbangan analitik, *object glass, cover glass,* pengaduk, pipet tetes, pisau, mikropipet, tip, *rotary shaker,* korek api, kompor listrik, panci, penggaris, spidol, gunting, botol kaca (*volume* = 250 ml) dan kamera.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sampel tanah pada tanaman bawang merah, khamir koleksi laboratorium yaitu *Saccharomyces* sp. (ScRCB), *Candida* sp. (CnRC), *Pichia* sp. (PcRC), dan *Rhodotorula* sp. (RdRC), isolat patogen *A. porri* yang berasal dari koleksi laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan, media YMA (*Yeast Malt Agar*), media PDA (*Potato Dextrose Agar*), media PDB (*Potato Dextrose Broth*), *chloramphenicol*, alkohol 70%, NaOCl 1%, aquades steril, spirtus, tisu steril, aluminium foil, plastik tahan panas, kertas label, plastik *wrap*, dan fungisida berbahan aktif kaptan merk dagang Ingrofol 50 WP,

3.3 Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi beberapa tahap yaitu persiapan penelitian dan pelaksanaan penelitian. Persiapan penelitian meliputi sterilisasi alat, pembuatan media buatan padat dan cair, dan pengambilan sampel tanah yang diduga terkontaminasi fungisida berbahan aktif kaptan. Pelaksanaan penelitian meliputi isolasi khamir dari sampel tanah, pemurnian khamir, identifikasi khamir, isolasi jamur patogen pada media buatan, pembuatan stok kultur khamir, pembuatan larutan stok fungisida, uji adaptasi khamir terhadap fungisida berbahan aktif kaptan, uji degradasi fungisida kaptan dengan khamir secara *in vitro*.

3.3.1 Persiapan Penelitian

Sterilisasi alat. Sterilisasi alat dilakukan dengan menggunakan alkohol 70% dan autoklaf. Alat-alat tahan panas seperti gelas ukur, cawan petri, tabung reaksi, labu *Erlenmeyer* dan alat-alat tahan panas lainnya di sterlisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121^0C dan tekanan 1,5 atm selama 120 menit. Alat-alat yang tidak tahan panas disterilisasi menggunakan alkohol 70%. Tujuan adanya sterilisasi alat yaitu agar peralatan yang digunakan selama penelitian terhindar dari kontaminasi mikroorganisme yang tidak diinginkan (Hamidy *et al.,* 2006).

Pembuatan Media Buatan Padat dan Cair. Pembuatan media tumbuh untuk khamir yang digunakan yaitu media YMA. Bahan-bahan yang digunakan dalam membuat 1.000 ml media YMA diperlukan ekstrak *yeast* 3 g, ekstrak *malt* 3 g, pepton 5 g, glukosa 10 g, dan agar 20 g. Semua bahan tersebut dicampur pada aquades sebanyak 1000 ml yang telah mendidih dan diaduk sampai homogen (Diana *et al.,* 2016) . Media yang sudah jadi dimasukkan ke dalam botol Schott 500 ml kemudian ditutup lalu disterilisasi menggunakan autoklaf. Media yang telah disterilisasi ditambahkan *chloramphenicol* sebanyak 0,2 gram/L media (Phoanda *et al.,* 2016).

Media untuk purifikasi khamir, isolasi patogen, uji adaptasi khamir pada fungisida kaptan, dan uji degradasi fungsida kaptan oleh khamir dan patogen digunakan media PDA. Pembuatan media PDA sebanyak 1.000 ml diperlukan kentang sebanyak 250 g, agar 20 g, dextrose 20 g, dan aquades 1.000 ml. Kentang yang telah dicuci dan dikupas, dipotong dadu dengan ukuran 1x1 cm, kemudian direbus di dalam 1 liter aquades steril. Setelah air mendidih, air rebusan disaring dan ditambahkan aquades steril sampai mencapai volume 1 liter. Agar dan dextrose ditambahkan setelah sari kentang mendidih. Media yang sudah homogen dimasukkan ke dalam botol Schott 500 ml kemudian ditutup dan disterilisasi dengan menggunakan autoklaf. Media yang telah disterilisasi ditambahkan *chloramphenicol* sebanyak 0,2 gram/L media (Phoanda *et al.,* 2016).

Media untuk uji degradasi fungsida kaptan oleh khamir menggunakan media PDB. Pembuatan media PDB sebanyak 1.000 ml diperlukan kentang 250 g, dextrose 20 g, dan aquades sebanyak 1.000 ml. Kentang yang telah dicuci dan dikupas, dipotong dadu dengan ukuran 1x1 cm, kemudian direbus di dalam 1 liter aquades steril. Setelah air mendidih, air rebusan disaring dan ditambahkan

aquades steril sampai mencapai volume 1 liter kemudian ditambahkan dextrose setelah sari kentang mendidih. Media yang sudah homogen dimasukkan ke dalam botol Schott 500 ml kemudian ditutup dan disterilisasi dengan menggunakan autoklaf. Media yang telah disterilisasi ditambahkan *chloramphenicol* sebanyak 0,2 gram/L media (Phoanda *et al.,* 2016).

Pengambilan Sampel Tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lahan bawang merah di daerah Junrejo, Kota Batu. Adanya residu fungisida yang ada di dalam tanah diketahui dari hasil wawancara dengan petani. Petani biasanya mengaplikasikan fungisida sebanyak 3 hari sekali. Metode pengambilan sampel tanah yaitu tanah diambil sebanyak 5 titik sampel secara acak. Sampel tanah dimbil menggunakan cetok dengan kedalaman 0-15 cm lalu dikompositkan. Tanah yang sudah tercampur kemudian kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik dan disimpan pada *cold box* (Kanti *et al.*, 2001)

3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

Isolasi dan Pemurnian Khamir. Sampel tanah yang telah diambil dari lahan ditimbang sebanyak 10 g dan dimasukkan ke dalam labu *Erlenmeyer* yang berisi 100 ml aquades. Larutan dihomogenkan dengan menggunakan *rotary shaker* selama 24 jam. Pada isolasi khamir, yang diambil adalah pengenceran dengan seri 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, dan 10^{-5} yang kemudian mengambil 0,1 ml suspensi yang disebar dengan metode *spread plate* pada media YMA dan ditunggu 2-3 hari untuk dilakukan pemurnian. Khamir yang telah tumbuh kemudian dimurnikan dengan mengambil koloni tunggal dan menggoreskannya pada media YMA baru. Kemudian diamati dan dilihat pada hari ke 2-3, yang kemudian dilakukan pemurnian kembali sampai menemukan isolat murni (Kanti *et al.,* 2001).

Identifikasi Khamir. Koloni khamir yang ada pada cawan petri diamati sampai tingkat genus. Pengamatan karakteristik makroskopis koloni khamir dilakukan berdasarkan pengamatan warna, tektur, tepi, dan permukaan. Pengamatan secara mikroskopis dilakukan dengan mengambil koloni khamir menggunakan jarum Ose dan diletakkan pada *object glass* yang telah ditetesi aquades steril sebanyak satu tetes. Tujuan dari pemberian aquades bertujuan untuk memudahkan dalam identifikasi khamir. Pengamatan secara mikroskopis meliputi bentuk sel, tipe pertunasan, dan ukuran sel (Shofiana *et al*., 2015). Hasil eksplorasi khamir diperoleh 6 isolat yaitu *Candida* sp. (CnRB 1), *Candida* sp.

(CnRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 1), *Pichia* sp. (PcRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 3), dan *Debaromyces* sp. (DbRB).

Karakterisasi Jamur Patogen *Alternaria porri*. Jamur patogen yang yang digunakan untuk parameter uji degradasi yaitu *A. porri*. Jamur *A. porri* merupakan salah satu sasaran dari fungisida berbahan aktif kaptan. Jamur *A. porri* didapatkan dari koleksi Laboratorium Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Jamur *A. porri* diidentifikasi kembali dengan mengamati morfologi makroskopis dan mikroskopis. Morfologi makroskopis diamati berdasarkan warna koloni permukaan bawah dan atas, elevasi, tekstur, dan tepian koloni. Pengamatan morfologi mikroskopis diamati berdasarkan banyak septa, bentuk hifa, dan bentuk konidia (Shofiana *et al*., 2015). Kemudian mengacu pada buku *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi* (Watanabe, 2002). Koloni jamur *A. porri* berwarna abu-abu kehitaman, tepian koloni rata, elevasi datar, dan tekstur permukaan koloni halus (Gambar lampiran 12). Hal tersebut sesuai dengan Rachmatunnisa *et al.* (2017), bahwa warna koloni permukaan bagian atas dan bawah jamur berwarna abu kehitaman. Karakteristik mikroskopis jamur bentuk hifa seperti gada dengan warna gelap, konidia bersekat antara 3-8 sekat. *A. porri* memiliki ciri khusus pada sekatnya yaitu terdapat sekat horizontal. Hal tersebut sesuai dengan Watanabe (2002), bahwa konidia memiliki sekat vertikal dan horizontal.

Uji Adaptasi Khamir terhadap Fungisida Berbahan Aktif Kaptan. Uji adaptasi khamir dilakukan dengan metode *poisoned food technique* (Simanjuntak *et al.,* 2017). Uji adaptasi bertujuan untuk mengetahui kemampuan adaptasi khamir terhadap kondisi media tumbuh yang telah diracuni berbagai konsentrasi fungisida kaptan. Khamir yang telah dimurnikan hingga didapatkan koloni tunggal diuji dengan menggunakan media PDA yang sudah dicairkan dan ditambahkan fungisida pada konsentrasi tertentu dengan berbagai komposisi dari 1,5 g/l sampai 7,5 g/l konsentrasi anjuran. Rancangan yang digunakan pada uji ini yaitu rancangan acak lengkap faktorial yang terdiri dari faktor pertama yaitu isolat khamir dan faktor kedua yaitu perlakuan konsentrasi fungisida yang diulang sebanyak 3 kali.

Pada uji adaptasi, media yang telah diracuni digunakan sebagai media uji yang dituang pada cawan petri. Khamir diambil sebanyak 1 ose dari stok kultur murni dan digoreskan pada media dengan menggunakan metode strik kemudian diamati dan dihitung panjang koloni pada 3 hari setelah inokulasi.

Uji Degradasi Fungisida Berbahan Aktif Kaptan secara *In Vitro*. Pada uji degradasi digunakan 12 perlakuan yaitu 10 perlakuan menggunakan khamir dan 2 perlakuan kontrol yaitu kontrol positif dan kontrol negatif. Perlakuan kontrol positif menggunakan fungisida yang dicampur pada media PDA dan kontrol negatif tanpa pemberian fungisida dan khamir. Media PDB sejumlah 100 ml ditambahkan 3 Ose khamir yang telah dimurnikan kemudian dikocok menggunakan *rotary shaker* selama 3 hari untuk memperbanyak sel-sel khamir, kemudian ditambahkan fungisida berbahan aktif kaptan sebanyak 0,15 gr sesuai konsentrasi anjuran dan dikocok kembali sampai 10 hari yang bertujuan untuk mendegradasi residu fungisida (Utami *et al.*, 2013). Selanjutnya, media yang telah dikocok selama 10 hari ditambahakan agar sebanyak 2 gram dan dituang pada cawan Petri steril. Uji degradasi dilakukan dengan menginokulasi patogen pada media tumbuh yang telah diracuni fungisida dan khamir. Selanjutnya diinkubasi selama 7 hari dan mengukur diameter pertumbuhan *A. porri.* Rancangan yang digunakan pada uji ini yaitu rancangan acak lengkap dengan 3 kali ulangan.

3.4 Analisis Data

Data hasil pengamatan uji adaptasi dan uji degradasi dianalisis menggunakan analisis ragam dengan menggunakan *Microsoft Excel* 2013 dan DSAASTAT. Jika hasil analisis ragam 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.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

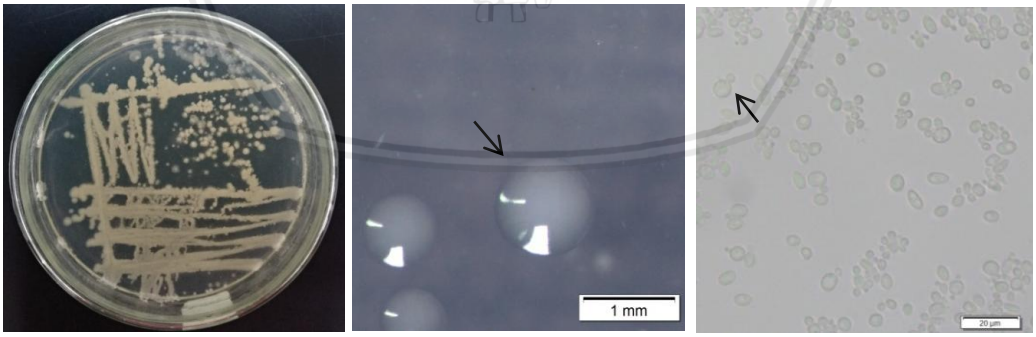
4.1 Karakteristik Morfologi Khamir

Berdasarkan hasil eksplorasi khamir dari tanah tanaman bawang merah yang diduga terkontaminasi fungisida berbahan aktif kaptan didapatkan 6 isolat khamir yaitu *Candida* sp. (CnRB 1), *Candida* sp. (CnRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 1), *Pichia* sp. (PcRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 3), dan *Debaromyces* sp. (DbRB). Penelitian ini juga menggunakan khamir koleksi laboratorium sebanyak 4 isolat yaitu *Saccharomyces* sp. (ScRCB), *Candida* sp. (CnRC), *Pichia* sp. (PcRC), dan *Rhodotorula* sp. (RdRC). Khamir yang memiliki kode RB merupakan khamir hasil eksplorasi dari rhizosfer bawang merah, sedangkan kode RC merupakan khamir koleksi laboratorium yang diisolasi dari rhizosfer cabai.

4.1.1 Karakteristik Khamir Hasil Eksplorasi

1. *Candida* sp. (CnRB 1)

Koloni khamir *Candida* sp. (CnRB 1) pada media PDA berwarna putih, bertekstur padat dan butiran (Gambar 3a). Pada koloni tunggal, khamir memiliki elevasi agak cembung, permukaan mengkilap serta tepian koloni rata (Gambar 3b). Sel khamir berbentuk oval dengan ukuran 2,24-5,17 x 3,08-7,23 µm dan tipe pertunasan multilateral (Gambar 3c). Menurut Kurtzman dan Fell (1998) mendeskripsikan bahwa khamir genus *Candida* sp. berwarna putih hingga krem, bertekstur butiran, tepi koloni rata hingga bergerigi. Ukuran sel tunggal antara 2-5 x 3-9 µm.

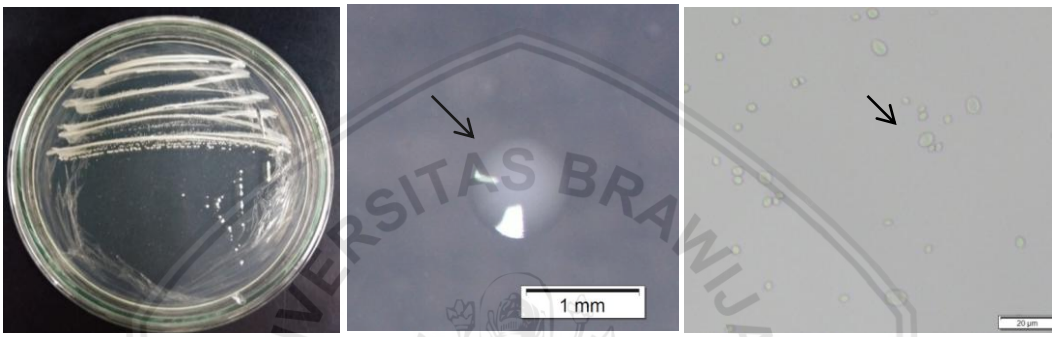


a b c

Gambar 3. Khamir *Candida* sp. (CnRB 1) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah. a: koloni *Candida* sp. (CnRB 1) pada media PDA berumur 5 hari; b: koloni tunggal *Candida* sp. (CnRB 1) pada media PDA berumur 5 hari; c: morfologi sel *Candida* sp. (CnRB 1) pada perbesaran 400x.

2. *Pichia* sp. (PcRB 1)

Koloni khamir *Pichia* sp. (PcRB 1) pada media PDA berwarna putih, bertekstur butiran dan padat (Gambar 4a). Khamir memiliki elevasi agak cembung, permukaan agak mengkilap, dan tepiannya rata (gambar 4b). Sel khamir berbentuk oval, sel tunggal atau berpasangan dengan ukuran 2,24-5,51 x 3,27-7,40 µm dan tipe pertunasan multilateral (Gambar 4c). Kurtzman dan Fell (1998) mendeskripsikan bahwa khamir *Pichia* sp. berwarna putih kecoklatan, agak berkilau, tekstur butiran, elevasi cembung dengan ukuran sel tunggal 2,2-5,5 x 4-11 µm.

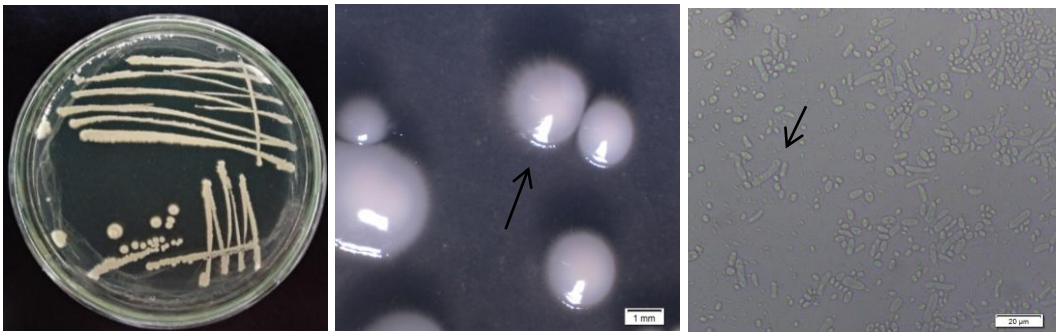


a b c

Gambar 4. Khamir *Pichia* sp. (PcRB 1) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah. a : koloni *Pichia* sp. (PcRB 1) pada media PDA berumur 5 hari; b: koloni tunggal *Pichia* sp. (PcRB 1) pada media PDA berumur 5 hari; c: morfologi sel *Pichia* sp. (PcRB 1) pada perbesaran 400x.

3. *Candida* sp. (CnRB 2)

Koloni khamir *Candida* sp. (CnRB 2) pada media PDA berwarna putih, bertekstur padat dan butiran (Gambar 5a). Koloni khamir memiliki elevasi agak cembung, permukaan agak mengkilap, dan tepian rumbai (Gambar 5b). Sel khamir berbentuk bulat dan silindris, sel tunggal atau berkelompok. Ukuran sel tunggal 2,85-4,47 x 4,39-9.91 µm dengan tipe pertunasan multilateral (Gambar 5c). Kurtzman dan Fell (1998) mendeskripsikan khamir *Candida* sp. berwarna putih putih kecoklatan, permukaan rata dan mengkilap serta bertekstur butiran. Sel tunggal berukuran antara 2-5,5 x 3,5-18 µm dengan bentuk sel bulat hingga memanjang.

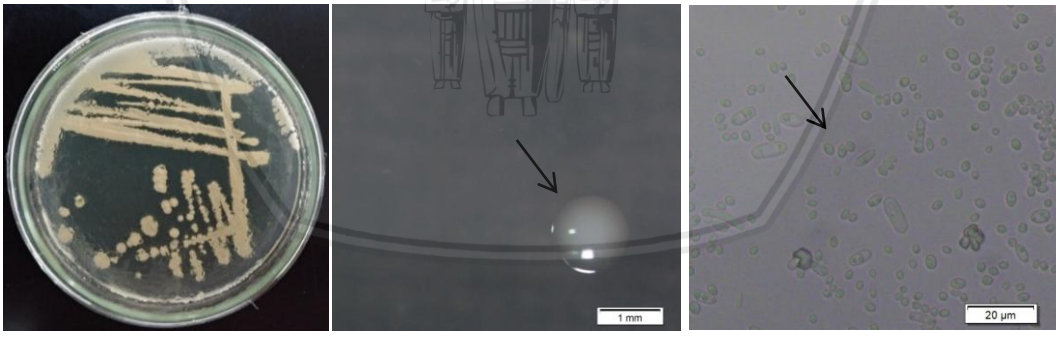


a b c

Gambar 5. Khamir *Candida* sp. (CnRB 2) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah. a : koloni *Candida* sp. (CnRB 2) pada media PDA berumur 5 hari; b: koloni tunggal *Candida* sp. (CnRB 2) pada media PDA berumur 5 hari; c: morfologi sel *Candida* sp. (CnRB 2) pada perbesaran 400x.

4. *Pichia* sp. (PcRB 2)

Koloni khamir *Pichia* sp. (PCRB 2) pada media PDA berwarna putih krem, bertektur padat dan butiran (gambar 6a). Khamir memiliki elevasi agak cembung, permukaan agak mengkilap dan permukaannya rata (Gambar 6b). Sel tunggal berbentuk bulat, oval, dan silindris. Sel tunggal berukuran 2,92-5,19 x 4,93-5,84 µm dengan tipe pertunasan multilateral (Gambar 6c). Kurtzman dan Fell (1998) mendeskripsikan khamir *Pichia* sp. berwarna putih kecoklatan, permukaan mengkilat dan bertekstur butiran. Ukuran sel tunggal antara 1,2-5 x 2-8,1 µm dengan bentuk sel bulat hingga memanjang.



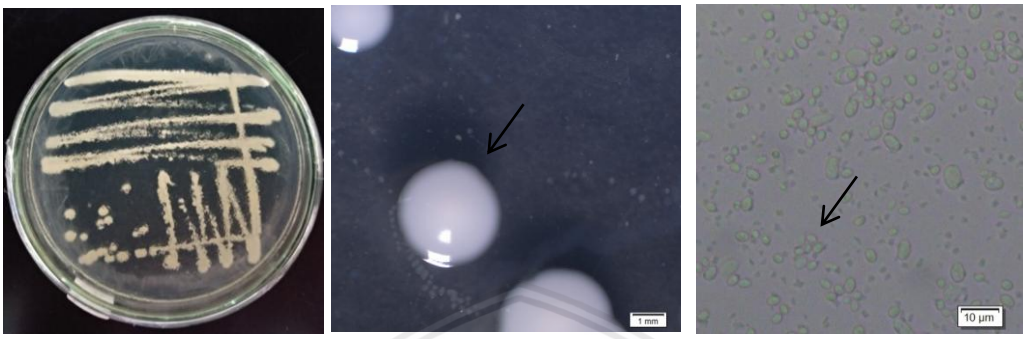
a b c

Gambar 6. Khamir *Pichia* sp. (PcRB 2) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah. a : koloni *Pichia* sp. (PcRB 2) pada media PDA berumur 5 hari; b: koloni tunggal *Pichia* sp. (PcRB 2) pada media PDA berumur 5 hari, c: morfologi sel *Pichia* sp. (PcRB 2) pada perbesaran 400x.

5. *Pichia* sp. (PcRB 3)

Koloni khamir *Pichia sp.* (PcRB 3) pada media PDA berwarna putih, bertekstur padat dan butiran (Gambar 7a). Koloni tunggal khamir memiliki elevasi agak cembung, permukaan tidak mengkilap, dan tepiannya rata (Gambar 7b). Sel tunggal berbentuk oval dan silindris. Sel tunggal berukuran 3,42-4,25 x 5-

8,85 µm dengan tipe pertunasan multilateral (Gambar 7c). Kurtzman dan Fell (1998) mendeskripsikan khamir *Pichia* sp. berwarna putih, permukaan agak mengkilat, dan bertelstur butiran. Ukuran sel tunggal 1,6-4,6 x 2,1-8,6 µm dengan bentuk sel bulat hingga memanjang.

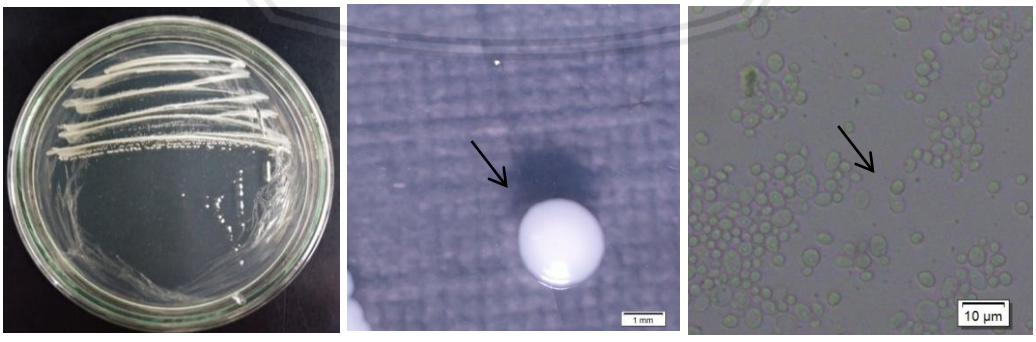


a b c

Gambar 7. Khamir *Pichia* sp. (PcRB 3) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah. a : koloni *Pichia* sp. (PcRB 3) pada media PDA berumur 5 hari; b: koloni tunggal *Pichia* sp. (PcRB 3) pada media PDA berumur 5 hari; c: morfologi sel *Pichia* sp. (PcRB 3) pada perbesaran 400x.

6. *Debaromyces* sp. (DbRB)

Koloni khamir *Debaromyces* sp. (DbRB) pada media PDA berwarna putih, bertektur padat dan butiran (Gambar 8a). Pada koloni tunggal, khamir memiliki permukaan tidak mengkilap, elevasi rata dan tepiannya rata (Gambar 8b). Sel tunggal berbentuk bulat dengan ukuran 2,41-5,68 x 3,62-6,89 µm (Gambar 8c). Tipe pertunasan khamir *Debaromyces* sp. yaitu multilateral. Kurtzman dan Fell (1998) mendeskripsikan khamir *Debaryomyces* sp. berwarna putih, permukaan halus dan mengkilat, bentuk sel bulat hingga silindris. Ukuran sel tunggal antara 2-7 x 2-9 µm.



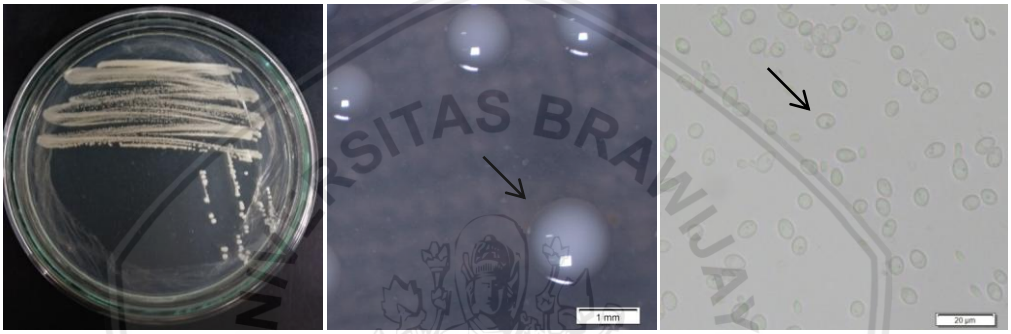
a b c

Gambar 8. Khamir *Debaromyces* sp. (DbRB) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah. a : koloni *Debaromyces* sp. (DbRB) pada media PDA berumur 5 hari; b: koloni tunggal *Debaromyces* sp. (DbRB) pada media PDA berumur 5 hari; c : morfologi sel *Debaromyces* sp. (DbRB) pada perbesaran 400x.

4.1.2 Karakteristik Morfologi Khamir Koleksi Laboratorium

1. *Saccharomyces* sp. (ScRC)

Koloni khamir *Saccharomyces* sp. (ScRC) pada media PDA berwarna putih, bertekstur butiran dan padat (Gambar 9a). Khamir memiliki elevasi agak cembung, permukaan mengkilap serta tepiannya rata (Gambar 9b). Bentuk sel khamir oval dengan pertunasan multilateral. Ukuran sel tunggal antara 2,54-5,18 x 3,62-8,58 µm (Gambar 9c). Kurtzman dan Fell (1998) mendeskripsikan bahwa khamir *Saccharomyces* sp. berwarna putih, permukaan mengkilat, bertekstur butiran. Ukuran sel 2,2-6 x 3,5 – 10,5 µm dengan bentuk sel bulat, bulat telur atau silinder.

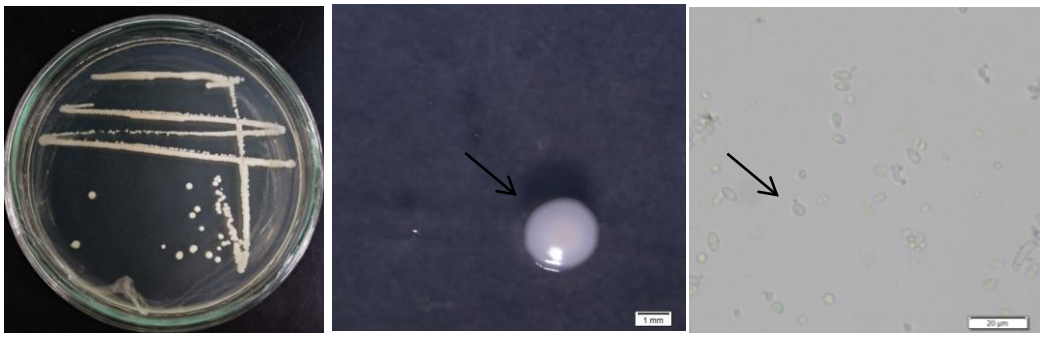


a b c

Gambar 9. Khamir *Saccharomyces* sp. (ScRC) yang diisolasi dari tanaman cabai. a : koloni *Saccharomyces* sp. (ScRC) pada media PDA berumur 5 hari; b: koloni tunggal *Saccharomyces* sp. (ScRC) pada media PDA berumur 5 haric: morfologi sel *Saccharomyces* sp. (ScRC) pada perbesaran 400x.

2. *Pichia* sp. (PcRC)

Koloni khamir *Pichia* sp. (PcRC) pada media PDA berwarna putih, bertekstur butiran dan padat (Gambar 10a). Khamir memiliki elevasi cembung, permukaan tidak mengkilap, serta tepiannya rata (Gambar 10b). Sel khamir berbentuk bulat telur atau silindris dengan ukuran sel tunggal 3,14-4,52 x 5,27-7,10 µm (Gambar 10c). Tipe pertunasan khamir yaitu multilateral. Kurtzman dan Fell (1998) mendeskripsikan bahwa khamir *Pichia* sp. berwarna putih kecoklatan, bertekstur butiran. Sel tunggal berukuran antara 1,2-5 x 2-8,1 µm dengan bentuk sel bulat telur sampai memanjang.

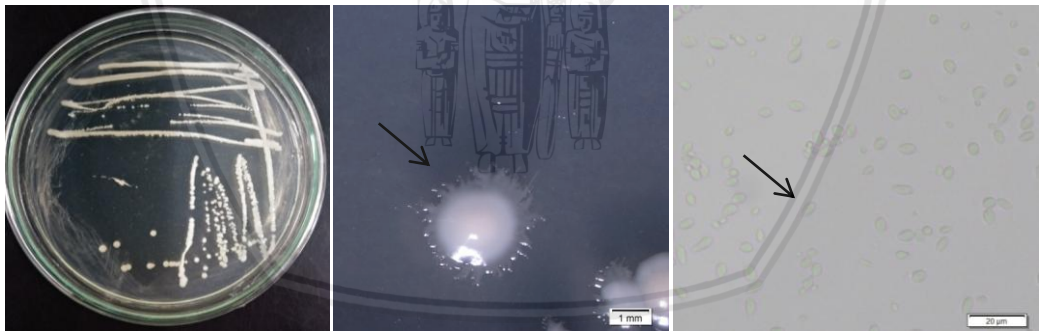


a b c

Gambar 10. Khamir *Pichia* sp. (PcRC) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman cabai. a : koloni *Pichia* sp. (PcRC) pada media PDA berumur 5 hari; b: koloni tunggal *Pichia* sp. (PcRC) pada media PDA berumur 5 hari; c: morfologi sel *Pichia* sp. (PcRC) pada perbesaran 400x.

3. *Candida* sp. (CnRC)

Koloni khamir *Candida* sp. (CnRC) berwarna putih kusam, bertekstur padat dan butiran (Gambar 11a). Khamir memiliki elevasi cembung, permukaan tidak mengkilap, dan tepian rumbai (Gambar 11b). Sel khamir oval atau silindris dengan ukuran sel tunggal 2,45-3,61 x 2,01-6,09 µm (Gambar 11c). Tipe pertunasan multilateral dan sel tunggal atau berkelompok. Kurtzman dan Fell (1998) mendeskripsikan bahwa khamir *Candida* sp. berwarna putih kecoklatan dan bertekstur butiran. Ukuran sel tunggal antara 1,5-5 x 3-6 µm.



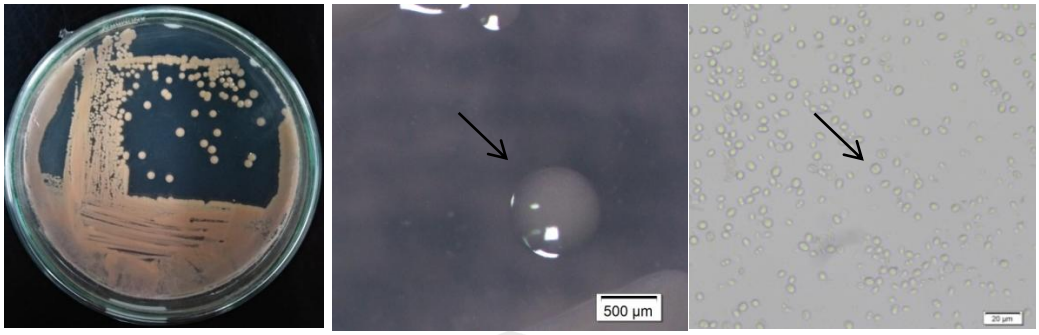
a b c

Gambar 11. Khamir *Candida* sp. (CnRC) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman cabai. a : koloni *Candida* sp. (CnRC) pada media PDA berumur 5 hari; b: koloni tunggal *Candida* sp. (CnRC) pada media PDA berumur 5 hari; c: morfologi sel *Candida* sp. (CnRC) pada perbesaran 400x.

4. *Rhodotorula* sp. (RdRC)

Koloni khamir *Rhodotorula* sp. (RdRC) pada media PDA berwarna merah muda, bertekstur padat dan butiran (Gmbar 12a). Khamir memiliki elevasi agak cembung, permukaan mengkilat, dan tepian rata (Gambar 12b). Sel khamir berbentuk bulat dan oval, sel tunggal atau berkelompok. Ukuran sel tunggal 2,93-5,51 x 3,79-4,65 µm dengan tipe pertunasan multilateral (Gambar 12c).

Kurtzman dan Fell (1998) mendeskripsikan bahwa khamir *Rhodotorula* sp. berwarna merah muda ke oranye, bertekstur butiran, permukaan mengkilat. Ukuran sel tunggal antara 3-5 x 4-7 µm.



a b c

Gambar 12. Khamir *Rhodotorula* sp. (RdRC) yang diisolasi dari rhizosfer tanaman cabai. a : koloni *Rhodotorula* sp. (RdRC) pada media PDA berumur 5 hari; b: koloni tunggal *Rhodotorula* sp. (RdRC) pada media PDA berumur 5 hari, c: morfologi sel *Rhodotorula* sp. (RdRC) pada perbesaran 400x.

4.2 Kemampuan Adaptasi Khamir Terhadap Fungisida Berbahan Aktif Kaptan

Kemampuan khamir beradaptasi dihitung dengan mengukur panjang koloni khamir pada media PDA yang dicampur dengan fungisida berbahan aktif kaptan dari berbagai konsentrasi anjuran fungisida (Gambar lampiran 1). Berdasarkan analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan antar isolat khamir dan konsentrasi berbeda nyata terhadap panjang koloni khamir pada media peracunan, sedangkan interaksi antara isolat dengan konsentrasi tidak berbeda nyata pada panjang koloni khamir (Tabel lampiran 1).

Dari analisis DMRT taraf 5% (Tabel 4), menunjukkan bahwa keseluruhan khamir adaptif terhadap berbagai konsentrasi anjuran fungisida dari konsentrasi 1,5 g/l hingga konsentrasi 7,5 g/l (5x konsentrasi anjuran produk) fungisida berbahan aktif kaptan. Hal tersebut ditunjukkan dengan pertumbuhan panjang koloni khamir pada berbagai konsentrasi anjuran fungisida. Semakin tinggi konsentrasi fungisida yang digunakan, kemampuan adaptasi khamir semakin menurun yang ditunjukkan dengan menurunnya panjang koloni khamir.

Tabel 4. Rerata Panjang Koloni Khamir Pada Berbagai Konsentrasi Fungisida Kaptan

Isolat Khamir	Konsentrasi Fungisida ± SD					
	0 g/l	1,5 (g/l)	3 (g/l)	4,5 (g/l)	6 (g/l)	7,5 (g/l)
CnRB 1	9,00±0,00 a	5,67±0,29 bcde	4,67±0,58 bcde	3,17±0,29 de	3,17±0,29de	3,00±0,2 e
PcRB 1	9,00±0,00 a	6,60±0,82 abc	5,20±0,80 bcde	4,67±0,76 bcde	4,10±0,66 bcde	4,03±0,51 bcde
CnRB 2	9,00±0,00 a	7,17±1,76 ab	7,17±1,76 ab	6,17±1,15 abcde	5,40±0,69 bcde	5,27±0,45 bcde
PcRB 2	9,00±0,00 a	5,83±0,87 bcde	4,47±0,40 bcde	3,57±0,60 cde	3,50±0,50 cde	3,47±0,35 cde
PcRB 3	9,00±0,00 a	5,43±0,60 bcde	4,83±0,47 bcde	4,50±0,5 bcde	4,07±0,60 bcde	3,27±0,25 de
DbRB	9,00±0,00 a	5,10±0,79 bcde	4,60±0,53 bcde	3,97±0,71 cde	3,83±0,58 cde	3,57±0,40 cde
ScRC	9,00±0,00 a	6,33±0,58 abcd	5,50±0,5 bcde	5,43±0,38 bcde	3,67±0,29 cde	3,67±0,29 cde
PcRC	9,00±0,00 a	6,50±0,70 abc	5,77±0,68 bcde	5,33±0,58 bcde	4,33±0,58 bcde	4,27±0,64 bcde
CnRC	9,00±0,00 a	6,53±0,84 abc	5,33±0,59 bcde	5,17±0,57 bcde	4,50±0,50 bcde	3,27±0,25 de
RdRC	9,00±0,00 a	5,83±0,87 bcde	4,73±0,58 bcde	4,33±0,46 bcde	3,77±0,25 cde	3,73±0,64 cde

Keterangan : Angka-angka disertai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata pada DMRT 5%. SD : Standar Deviasi. *Candida* sp. (CnRB 1), *Candida* sp. (CnRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 1), *Pichia* sp. (PcRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 3), *Debaromyces* sp. (DbRB), *Saccharomyces* sp. (ScRCB), *Candida* sp. (CnRC), *Pichia* sp. (PcRC), dan *Rhodotorula* sp. (RdRC).

Pada perlakuan kontrol, keseluruhan khamir mampu tumbuh dengan baik dengan rerata panjang koloni 9 cm. Penambahan fungisida dengan konsentrasi 1,5 g/l, tidak berpengaruh pada rerata panjang beberapa koloni khamir yaitu *Pichia* sp. (PcRB 1), *Saccharomyces* sp. (ScRC), *Pichia* sp. (PcRC), *Candida* sp. (CnRC), dan *Candida* sp. (CnRB 2). Pada konsentrasi fungisida 3 g/l dan 4,5 g/l berpengaruh pada rerata panjang koloni keseluruhan khamir kecuali khamir *Candida* sp. (CnRB 2) yang memiliki rerata panjang koloni sebesar 7,17 cm dan 6,17 cm. Pada konsentrasi 6 g/l dan 7,5 g/l keseluruhan khamir memiliki panjang koloni yang berbeda dengan kontrol.

Pemberian fungisida pada berbagai konsentrasi rendah tidak berpengaruh pada pertumbuhan khamir, namun semakin tinggi konsentrasi fungisida menurunkan pertumbuhan khamir terlihat dari panjang koloni yang tidak memenuhi cawan. Rahmansyah dan Sulistinah (2009) menyatakan bahwa penambahan pestisida pada media mineral dapat mengakibatkan penurunan kemampuan tumbuh dari mikroba tanah. Sulistinah *et al*. (2011) juga menyatakan bahwa beberapa mikroba dapat memanfaatkan adanya pestisida yang digunakan sebagai sumber karbon, namun mikroba lain tidak dapat tumbuh dan dapat mengalami kepunahan oleh adanya fungisida. Gildemacher *et al*. (2004) menyatakan bahwa khamir *Rhodotorula glutinis* tahan terhadap kaptan dan sedikit dipengaruhi oleh dosis tinggi senyawa tolyfluanid.

4.3 Kemampuan Khamir dalam Mendegradasi Fungisida Kaptan secara in Vitro

Kemampuan khamir dalam mendegradasi fungisida berbahan aktif kaptan dilakukan dengan mencampur khamir dan fungisida berbahan aktif kaptan ke media tumbuh yaitu media PDB. Pada uji degradasi digunakan 12 perlakuan yaitu 10 perlakuan menggunakan khamir dan 2 perlakuan kontrol yaitu kontrol positif dan kontrol negatif. Perlakuan kontrol positif menggunakan fungisida yang dicampur pada media PDA dan kontrol negatif tanpa pemberian fungisida dan khamir.

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh yang berbeda nyata pada rerata diameter *A. porri* dari hari pertama (Tabel lampiran 2) sampai hari ketujuh pengamatan (Tabel lampiran 8). Pada uji DMRT taraf 5%, menunjukkan adanya pengaruh perlakuan terhadap diameter pertumbuhan *A. porri* (Tabel 4). Semakin besar diameter *A.porri* menunjukkan bahwa kemampuan khamir dalam mengurangi toksisitas fungisida berbahan aktif kaptan semakin besar.

Tabel 5. Rerata Panjang Diameter *A. Porri* sebagai Indikator Uji Degradasi Fungisida Kaptan oleh Khamir (cm)

Perlakuan	Pengamatan Hari Ke- (cm) ± SD						
	1	2	3	4	5	6	7
CnRB 1	0,63 ±0,06 b	1,33±0,15 d	2,00±0,20cd	2,77±0,58 de	3,27±0,95 de	3,97±1,54 cde	4,33±1,77 bc
PcRB 1	0,50±0,00 a	0,97±0,21 c	1,60±0,20 b	2,27±0,25 cd	2,87±0,15 cde	3,30±0,20abcd	3,93±0,21 bc
CnRB 2	0,83±0,06 c	1,30±0,10 d	2,17±0,06de	3,37±0,15 e	4,07±0,35 f	5,13±0,57 f	5,60±0,89 d
PcRB 2	0,60±0,10 ab	0,70±0,10 ab	1,07±0,06a	1,80±0,10 bc	2,37±0,21 bc	3,10±0,35 abc	3,43±0,49 ab
PcRB 3	0,63±0,12 b	0,67±0,15 ab	0,93±0,38a	1,37±0,38 ab	2,10±0,35 ab	2,80±0,35 ab	3,13±0,25 ab
DbRB	0,67±0,06 b	1,47±0,06 d	2,00±0,10cd	2,80±0,10 de	3,47±0,06 ef	3,90±0,10 cde	4,27±0,12 bc
ScRC	0,67±0,06 b	1,23±0,12 d	1,70±0,26bc	2,77±0,23 de	3,50±0,17 ef	4,27±0,12 def	4,70±0,26 cd
PcRC	0,67±0,06 b	1,23±0,12 d	2,07±0,12d	3,40±0,17 e	4,13±0,12 f	5,17±0,25 f	5,57±0,40 d
CnRC	0,60±0,10 ab	0,87±0,15 bc	1,20±0,17a	2,00±0,78 e	2,80±0,30 cd	3,77±0,57 bcde	4,10±0,61 bc
RdRC	0,67±0,06 b	1,40±0,10 d	2,03±0,06d	3,00±0,10 e	3,47±0,06 ef	4,33±0,15 ef	4,70±0,10 cd
Kontrol +	0,50±0,00 a	0,50±0,00 a	0,97±0,06a	1,03±0,12 a	1,57±0,38 a	2,37±0,12 a	2,60±0,00 ab
Kontrol -	1,00±0,00 d	1,80±0,06 e	2,47±0,32e	3,30±0,25 e	4,10±0,35 f	5,23±0,70 f	6,73±0,75 e

Keterangan : Angka-angka yang disertai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%. SD : Standar Deviasi. *Candida* sp. (CnRB 1), *Candida* sp. (CnRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 1), *Pichia* sp. (PcRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 3), *Debaromyces* sp. (DbRB), *Saccharomyces* sp. (ScRCB), *Candida* sp. (CnRC), *Pichia* sp. (PcRC), dan *Rhodotorula* sp. (RdRC). Kontrol + : media PDA+fungisida berbahan aktif kaptan, Kontrol - : media PDA.

Rerata diameter terendah *A. porri* yaitu pada kontrol positif karena toksisitas fungisida masih tinggi, sedangkan diameter terbesar pada kontrol negatif karena tidak ada penghambatan pertumbuhan patogen oleh fungisida. Hal tersebut sesuai dengan pernyataaan Simanjuntak *et al*. (2017), pemberian kaptan pada media agar mampu menghambat pertumbuhan patogen *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., dan *Mucor* sp. yang diisolasi dari benih kelapa sawit.

Pada pengamatan hari pertama, diameter *A. porri* pada perlakuan dengan penambahan khamir berbeda nyata dengan kontrol positif, namun ada 2 khamir yang tidak berbeda nyata yaitu PcRB 1, PcRB 2 dan CnRC. Pada pengamatan hari kedua, khamir PcRB 2 dan PcRB 3 tidak berbeda nyata dengan kontrol positif. Pada pengamatan hari ketiga, khamir CnRC, PcRB 2 dan PcRB 3 berbeda nyata dengan kontrol positif. Hari keempat dan kelima pengamatan, keseluruhan khamir berbeda nyata dengan kontrol positif kecuali khamir PcRB 3. Pada hari keenam pengamatan, khamir CnRB 1, ScRC, PcRC, CnRC, RdRC, CnRB 2, DbRB berbeda nyata dengan kontrol positif. Pada pengamatan hari terakhir, khamir CnRB 2, PcRC, ScRC, dan RdRC berbeda nyata dengan kontrol positif.

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan dari hari pertama sampai hari ketujuh, dapat diketahui bahwa isolat khamir terbaik yang berperan untuk mengurangi toksisitas fungisida berbahan aktif kaptan yaitu *Pichia* sp. (PcRC), *Candida* sp (CnRB 2), *Saccharomyces* sp. (ScRC) dan *Rhodotorula* sp. (RdRC). Semakin besar nilai diameter patogen dapat diartikan bahwa toksisitas fungisida semakin menurun. Chu *et al*. (2006) menyatakan bahwa khamir genus *Pichia* mampu mengeluarkan enzim organophosporus dalam jumlah besar yang dapat mengurai molekul organophosporus dengan cara menghidrolisisnya menjadi molekul baru yang tidak beracun. Hal tersebut juga didukung oleh pernyataan Megadi *et al*. (2010), bakteri *Bacillus circulans* mampu mendegradasi fungisida berbahan aktif kaptan menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu menjadi cis-1,2,3,6-tetrahydrophthalimide, H_2S, CO_2, dan HCl. Bakteri tersebut juga memanfaatkan hasil perombakan senyawa kaptan berupa cis-1,2,3,6-tetrahydrophthalimide*,* cis-1,2,3,6-trahydrophthalamidic *acid,* o-phthalic *acid,* dan *protocatechuic acid* sebagai sumber karbon. Proses perombakan senyawa kaptan melalui proses hidrolisis.

Hasil uji adaptasi dan degradasi fungisida berbahan aktif kaptan, khamir *Candida* sp. (CnRB 2) memiliki kemampuan adaptasi dan mengurangi toksisitas

yang baik. Kanti *et al.* (2003), menyatakan bahwa khamir genus *Candida* mampu menghidrolisis selulosa dengan memproduksi enzim perombak selulosa (CMC-ase). Glukosa yang berasal dari media dan hasil hidrolisis selulosa digunakan untuk pertumbuhan khamir. Kebutuhan nutrien ini menstimulasi sel khamir menghasilkan enzim yang dapat menghidrolisis CMC.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian yaitu :

1. Hasil eksplorasi khamir di lahan tanaman bawang merah yang diduga tercemar residu fungisida berbahan aktif kaptan didapatkan 6 isolat khamir yaitu *Candida* sp. (CnRB 1), *Candida* sp. (CnRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 1), *Pichia* sp. (PcRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 3), *Debaryomyces* sp. (DbRB).
2. Pada uji adaptasi seluruh khamir dari hasil eksplorasi dan koleksi laboratorium mampu hidup pada media yang telah diracuni fungisida dari konsentrasi 1,5 g/l sampai 7,5 g/l (5 kali konsentrasi anjuran produk fungisida kaptan).
3. Khamir yang memiliki kemampuan untuk mengurangi toksisitas fungisida berbahan aktif kaptan yaitu khamir *Candida* sp. (CnRB 1), *Candida* sp. (CnRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 1), *Pichia* sp. (PcRB 2), *Pichia* sp. (PcRB 3), *Debaryomyces* sp. (DbRB).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perlu dilakukan analisis awal mengenai residu pada tanah sampel, identifikasi khamir hingga tingkat spesies, mekanisme khamir dalam mendegradasi fungisida kaptan dan jumlah fungisida yang terdegradasi oleh khamir.

DAFTAR PUSTAKA

Chu, X., Wu, N., Deng, M., Tian, J., Yao, B. and Fan, Y. 2006. Expression of Organophosphorus Hydrolase $OPHC_2$ In Pichia pastoris: Purification And Characterization. Protein Expression and Purification, 49(1) : 9-14.

Diana, L. and Lasmini, T. 2016. Isolasi dan Identifikasi Khamir Selulolitik Dari Tanah Rizosfer Anggrek Puser Bumi (Pecteilis susannae L.) di Hutan Wonosadi Gunung Kidul DIY. Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi, 4(1) : 21-28.

Djojosumarto, P. 2008. Panduan Lengkap Pestisida dan Aplikasinya. Jakarta: Agromedia Pustaka.

Eldridge. 2008. Pesticide Application and Safety Training for Applicators of Public Health Pesticides. California Department of Public Health.

FAO (Food And Agriculture Organization). 2018. Captan. Diunduh dari www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests.../7CAPTAN.pdf. Diakses pada tanggal 20 Desember 2018.

FRAC (Fungicide Resistance Action Committee). 2018. FRAC Code List 2018 : Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering) Diunduh dari http://www.phi-base.org/images/fracCodeList.pdf. Diakses pada tanggal 20 Desember 2018.

Gandjar, I., W. Sjamsuridzal., dan A. Oetari. 2006. Mikologi Dasar dan Terapan. Yayasan Obor Indonesia : Jakarta

Gildemacher P. R., Heijne B., Houbraken J., Vromans T., Hoekstra E. S., and Boekhout T. 2004. Can phyllosphere yeasts explain the effect of scab fungicides on russeting of Elstar apples?. European Journal of Plant Pathology, 110 : 929 – 937.

Hamidy, M.Y., Safitri,I., Inayah, Syafril, D., dan Firmansyah, D. 2006. Efek Antimikroba Ekstrak Metanol Daun Sapu Jagad. Jurnal Sains Teknologi, 12(1): 91 – 96

Kanti, A., Latupapua, H.J.D. 2001. Identifikasi Keragaman Khamir yang Diisolasi dari Tanah Kebun Biologi Wamena Kabupaten Jayawijaya, Propinsi Papua. Jurnal Biologi Indonesia, 3(2):150-160.

Kanti, A., Sudiana, I. dan Latupapua, H.J.D 2003. Aktivitas CMC-ase Khamir *Candida* sp. yang di Isolasi dari Tanah Kebun Biologi Wamena, Papua. Berita Biologi, 6(5) : 655-660.

Kanti. 2007. Penapisan khamir selulolitik *Cryptocoous* sp. yang diisolasi dari tanah Kebun Biologi Wamena Jaya Wijaya Propinsi Papua. Laporan Penelitian Bidang Mikrobiologi. Bogor: Pusat Penelitian Biologi-LIPI.

Kurtzman, C.P., J.W Fell. 1998. The Yeast A Taxonomic Study. New York: Elsevier.

Mahmood, I., Imadi, S.R., Shazadi, K., Gul, A., and Hakeem, K.R. 2015. Effects of Pesticides on Environment. Springer International Publishing Switzerland.

Megadi, V., Tallur, P., Mulla, S. and Ninnekar, H. 2010. Bacterial Degradation of Fungicide Captan. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(24) : 12.863-12.868.

Montes, R., Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Monroy, H., Pérez, L.S., Zamora, J.L. and Gutiérez, A. 2016. Yeast: Description And Structure.

Nuryana, D. 2017. Review: Bioremediasi Pencemaran Minyak Bumi. Journal Earth Energy Engneering.

Phoanda, T.C., Bara, R., Wowor, P.M., Posangi, J. 2014. Uji Efek Antibakteri Jamur Endofit Akar Tumbuhan Bakau (Bruguiera gymnorrhiza) terhadap Bakteri Escherichia coli dan Staphylococcus aureus. Jurnal e-biomedik 2(1) : 1-5.

Rachmansyah, M. dan Sulistinah, N. 2009. Performa Bakteri Pada Tanah Tercemar Pestisida. Berita Biologi, 9(5) : 657-664.

Raini, M. 2007. Toksikologi Pestisida dan Penanganan Akibat Keracunan Pestisida. Media Litbang Kesehatan, 18(3) : 10-18.

Rachmatunnisa, R., Rukmi, I. dan Pujiyanto, S. 2017. Aktivitas Antagonistik Kapang Endofit Duwet (Syzygium cumini (L.) Skeels) terhadap Alternaria Porri Penyebab Bercak Ungu Pada Bawang Merah (Allium ascalonicum L.) Secara In Vitro. Jurnal Biologi, 6(1) : 71-78.

Peraturan Menteri Pertanian. 2014. Peraturan Menteri Pertanian No 107 tentang Pengawasan Pestisida. Jakarta.

Shofiana, R.H., Sulistyowati, L., dan Muhibuddin, A. 2015. Eksplorasi Jamur Endofit Dan Khamir Pada Tanaman Cengkeh *(Syzygium aromaticum)* Serta Uji Potensi Antagonismenya Terhadap Jamur Akar Putih *(Rigidoporus microporus)*. Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan, 3(1) : 75-83.

Simanjuntak, D., Faizah, R., Prasetyo, A.E., Susanto, A. 2017. Keefektifan Fungisida Terhadap Isolat Cendawan Terbawa Benih Kelapa Sawit. Jurnal Pen. Kelapa Sawit, 25(1) : 47-58.

Standar Nasional Indonesia. 2007. Batas Maksimum Residu Pestisida pada Hasil Pertanian. Badan Standarisasi Nasional.

Sulistinah, N., Antonius, S. dan Rahmansyah, M. 2016. Pengaruh Residu Pestisida Terhadap Pola Populasi Bakteri Dan Fungi Tanah Di Rumahkaca. Jurnal Teknologi Lingkungan, 12(1) : 43-53.

Suryani, Y. 2011. Bioremediasi Limbah Merkuri Dengan Menggunakan Mikroba Pada Lingkungan Yang Tercemar. Jurnal Istek, 5 (1-2) : 139-148.

Toledo, M., Salmerón, V., Rodelas, B., Pozo, C. and González-López, J. 1998. Effects of the fungicide Captan on some functional groups of soil microflora. Applied Soil Ecology, 7(3) : 245-255.

Utami, D.S., Priyani, N., dan Munir, E. 2013. Isolasi dan Uji Potensi Bakteri Tanah Pertanian Berastagi Sumatera Utara dalam Mendegradasi Fungisida Antracol Berbahan Aktif Propineb. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. Medan.

Vidali, M. 2001. Bioremediation : An overview. Pure Applied Chemistry, 73(7) : 1163-1172.

Walker, G. M. 2009. Yeasts. In: M. Schaechter (Ed.) Desk Encyclopedia of Microbiology 2nd ed. London: Elsevier/Academic Press. Halaman : 1174-1187.

Wardhana, W.A. 2001. Dampak Pencemaran Lingkungan. Yogyakarta : Andi.

Watanabe, T. 2002. Pictorial atlas of soil and seed fungi. Boca Raton : CRC / Lewis.

WHO. 2009. The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification. WHO Press. Swiss.

Widiarti, W.,Wijaya, I., Umarie, I. 2017. Optimalisasi Teknologi Produsi True Shallot Seed (Biji Biologi) Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). Jurnal Agritop, 15(2) : 203-216.

Yang, C., Hamel, C., Vujanovic, V. and Gan, Y. 2011. Fungicide: Modes of Action and Possible Impact on Nontarget Microorganisms. Journal International Scholarly Research Network Ecology. Halaman : 1-8.

Yazid, M. 2007. Kajian Pemanfaatan Bakteria Hasil Isolasi Sebagai Agen Bioremediasi Radionuklida Uranium di Lingkungan. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan BATAN. Yogyakarta. Halaman 115-122.

Zhang, W., Jiang, F. and Ou, J. 2011. Global Pesticide Consumption and Pollution : with China as a Focus. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Science, 1(2) : 125-144.