

**IDENTIFIKASI DAN EVALUASI POTENSI CENDAWAN
ENDOFIT DARI PERTANAMAN BAWANG MERAH SEBAGAI
PENDEGRADASI RESIDU PESTISIDA**

***IDENTIFICATION AND EVALUATION OF POTENTIAL
ENDOPHYTIC FUNGI FROM SHALLOT PLANTATIONS AS
DEGRADING PESTICIDE RESIDUE***

RIA FAURIAH M.



**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**IDENTIFIKASI DAN EVALUASI POTENSI CENDAWAN
ENDOFIT DARI PERTANAMAN BAWANG MERAH SEBAGAI
PENDEGRADASI RESIDU PESTISIDA**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan

Disusun dan diajukan oleh

RIA FAURIAH M.

Kepada

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**IDENTIFIKASI DAN EVALUASI POTENSI CENDAWAN ENDOFIT DARI
PERTANAMAN BAWANG MERAH SEBAGAI PENDEGRADASI RESIDU
PESTISIDA**

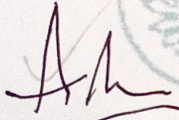
Disusun dan diajukan oleh

RIA FAURIAH M.

Nomor Pokok G022191005

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 3 Agustus 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Menyetujui
Komisi Penasihat,**



Prof. Dr. Ir. Nur Amin, Dipl. Ing. Agr

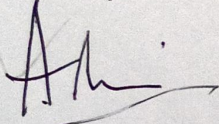
Ketua



Prof. Dr. Ir. Itij Diana Daud, M.S

Anggota

Ketua Program Studi
Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan



Prof. Dr. Ir. Nur Amin, Dipl. Ing. Agr

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Baharuddin

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ria Fauriah M.

NIM : G022191005

Program Studi : Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 12 Agustus 2021

Yang menyatakan,



Ria Fauriah M.

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan tesis berjudul **“Identifikasi dan Evaluasi Potensi Cendawan Endofit dari Pertanaman Bawang Merah Sebagai Pendegradasi Residu Pestisida”** ini dapat diselesaikan dengan baik guna memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Sains Universitas Hasanuddin (UNHAS).

Penulis menyadari bahwa tulisan ini jauh dari sempurna sehingga penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun dari para pembaca agar mengarahkan menuju kepada perbaikan-perbaikan yang akan memberikan kemajuan pada bidang ilmu pengetahuan. Penulis sadar bahwa tesis ini dapat terselesaikan dengan baik karena adanya campur tangan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Makmur Jailani dan Ibu Rusmawati selaku orang tua, dan saudara penulis yang selama ini telah mendukung dalam doa dan memberi motivasi dengan penuh kesabaran selama penulis menempuh pendidikan.
2. Prof. Dr. Ir. Nur Amin, Dipl, Ing.Agr. dan Prof. Dr. Ir. Itji Diana Daud, M.S, selaku Pembimbing I dan Pembimbing II, yang selalu memberikan

arahan dan bimbingan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

3. Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Nurariaty Agus, M.S., dan Prof. Dr. Ir. Andi Nasruddin, M.Sc. selaku penguji yang telah memberikan masukan maupun kritik sehingga tesis dapat terselesaikan.
4. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan atas ilmu, didikan, perhatian, dan dorongan yang diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan.
5. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian yang telah memberikan beasiswa pendidikan kepada penulis.
6. Kepala Balai dan seluruh keluarga Balai Penelitian Lingkungan Pertanian yang telah memberikan saran dan dukungan selama penulis menempuh jenjang pendidikan ini.
7. Seluruh staf Balai Penelitian Tanaman Serealia yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan dukungan dalam terlaksananya kegiatan penelitian selama ini.
8. Teman-teman angkatan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan 2019, atas kebersamaan dan persahabatan yang terjalin.
9. Kepada semua pihak yang telah banyak membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis berharap semoga tesis ini dapat berguna bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkannya serta dapat memberikan kontribusi dalam kemajuan dalam bidang pertanian, kiranya semoga budi baik pengorbanan dari berbagai pihak yang telah diberikan dengan tulus mendapatkan balasan dari Allah SWT. Aamiin.

Makassar, Juli 2021

Penulis

ABSTRAK

RIA FAURIAH M. Identifikasi dan Evaluasi Potensi Cendawan Endofit dari Pertanaman Bawang Merah Sebagai Pendegradasi Residu Pestisida (dibimbing oleh Nur Amin dan Itji Diana Daud). Penggunaan pestisida sintetik pada pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) dapat menimbulkan residu pestisida pada tanah, air, dan tanaman. Pemanfaatan cendawan endofit dapat menjadi salah satu teknologi yang ramah lingkungan untuk mendegradasi residu pestisida, disamping dapat mengendalikan serangan OPT. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi cendawan endofit yang diisolasi dari pertanaman bawang merah untuk mendegradasi residu pestisida. Penelitian ini dilaksanakan di lahan pertanaman bawang merah di Kabupaten Bantaeng, Laboratorium Penyakit Balai Penelitian Tanaman Serealia Maros, di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Serealia Maros, dan di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jawa Tengah, pada bulan September 2020 hingga Mei 2021. Penelitian ini terdiri atas tiga tahap yaitu (1) isolasi dan identifikasi cendawan endofit; (2) pengujian toleransi cendawan terhadap pestisida klorpirifos, endosulfan, karbosulfan, dan mankozeb pada media PDA; dan (3) pengujian kemampuan cendawan menurunkan kadar insektisida klorpirifos pada media tanah. Hasil menunjukkan bahwa dari 47 isolat yang diperoleh pada lima lokasi pertanaman pada tiga bagian tanaman (akar, daun, dan umbi) diidentifikasi dari genus *Trichoderma*, *Aspergillus*, dan *Fusarium*. Pada media PDA, 5 isolat yang teridentifikasi sebagai *Fusarium* sp. dan *Trichoderma* sp. toleran pada pestisida klorpirifos, karbosulfan, endosulfan, dan mankozeb. Potensi isolat cendawan endofit menurunkan kadar klorpirifos setelah 30 hari ditunjukkan oleh isolat *Trichoderma* sp. (2D1) dan *Trichoderma* sp. (3U3) sebesar 18,19 % dan 3,89% dengan nilai efektifitas penurunan sebesar 44,77% dan 31,31% jika dibandingkan dengan kontrol.

Kata kunci: organofosfat, biodegradasi, *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp.

ABSTRACT

*RIA FAURIAH M. Identification and Evaluation of Potential Endophytic Fungi from Shallot Plantations as Degrading Pesticide Residue (supervised by Nur Amin and Itji Diana Daud). The use of synthetic pesticides in controlling plant pest organisms can cause pesticide residues in the soil, air, and plants. Utilization of endophytic fungi can be an environmentally friendly technology to degrade pesticide residues, besides being able to control pest attacks. This study aimed to determine the potential of fungal endophytes isolated from shallot plantations to degrade pesticide residues. This research was carried out in shallot plantations in Bantaeng Regency, Disease Laboratory of the Indonesian Cereals Research Institute, greenhouse of the Indonesian Cereals Research Institute, and at the Integrated Laboratory of the Indonesian Agricultural Environment Research Institute, from September 2020 to May 2021. This study consisted of three stages, namely (1) isolation and identification of endophytic fungi; (2) testing of fungal tolerance to pesticides chlorpyrifos, endosulfan, karbosulfan, and mankozeb on PDA media; and (3) testing the ability of the fungi to reduce levels of chlorpyrifos insecticide in soil. The results showed that from 47 isolates obtained at five planting sites on three plant parts (roots, leaves, and tubers) were identified from the genera *Trichoderma*, *Aspergillus*, and *Fusarium*. On PDA medium, 5 isolates that were identified as *Fusarium* sp. and *Trichoderma* sp. tolerant to chlorpyrifos, carbosulfan, endosulfan, and mankozeb pesticides. The potential of endophytic fungi isolates to reduce chlorpyrifos levels after 30 days was shown by *Trichoderma* sp. (2D1) and *Trichoderma* sp. (3U3) of 18.19% and 3.89% with a decrease effectiveness of 44.77% and 31.31% when compared to the control.*

*Keywords: organophosphate, biodegradation, *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp.*

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| PRAKATA | v |
| ABSTRAK | viii |
| ABSTRACT | ix |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. LATAR BELAKANG | 1 |
| B. RUMUSAN MASALAH | 5 |
| C. TUJUAN PENELITIAN | 6 |
| D. MANFAAT PENELITIAN | 7 |
| E. RUANG LINGKUP PENELITIAN | 7 |
| F. SISTEMATIKA PENELITIAN | 8 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 9 |
| A. GOLONGAN PESTISIDA SINTETIK | 9 |
| B. PENGGUNAAN PESTISIDA DAN DAMPAK PESTISIDA PADA MANUSIA | 14 |
| C. STRATEGI REMEDIASI RESIDU PESTISIDA | 17 |
| D. BIODEGRADASI PESTISIDA DENGAN MENGGUNAKAN CENDAWAN | 18 |
| E. CENDAWAN ENDOFIT DAN PEMANFAATANNYA | 26 |
| F. KERANGKA KONSEPTUAL | 28 |
| G. HIPOTESIS PENELITIAN | 29 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 30 |
| A. LOKASI DAN WAKTU | 30 |
| B. PROSEDUR PELAKSANAAN | 30 |
| C. VARIABEL PENGAMATAN | 37 |

| | |
|-----------------------------|----|
| D. ANALISIS DATA | 39 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 40 |
| A. HASIL PENELITIAN | 40 |
| B. PEMBAHASAN | 57 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 66 |
| A. KESIMPULAN | 66 |
| B. SARAN | 66 |
| DAFTAR PUSTAKA | 67 |
| LAMPIRAN | 76 |

DAFTAR TABEL

| No | Judul | Halaman |
|----|--|---------|
| 1 | Nilai BMR pada beberapa produk hortikultura | 16 |
| 2 | Perlakuan yang digunakan pada media PDA | 34 |
| 3 | Distribusi sebaran isolat cendawan berdasarkan bagian tanaman dan lokasi pengambilan sampel | 41 |
| 4 | Pengelompokan cendawan endofit berdasarkan warna koloni pada setiap lokasi dan bagian tanaman bawang merah | 42 |
| 5 | Persentase penghambatan pertumbuhan isolat cendawan endofit pada media PDA yang ditambahkan klorpirifos | 49 |
| 6 | Persentase penghambatan pertumbuhan isolat cendawan endofit pada media PDA yang ditambahkan endosulfan | 51 |
| 7 | Persentase penghambatan pertumbuhan isolat cendawan endofit pada media PDA yang ditambahkan karbosulfan | 52 |
| 8 | Persentase penghambatan pertumbuhan isolat cendawan endofit pada media PDA yang ditambahkan mankozeb | 54 |
| 9 | Toleransi isolat cendawan endofit pada 4 pestisida pada berbagai konsentrasi yang diujikan | 55 |
| 10 | Kadar klorpirifos dan persentase penurunannya pada setiap isolat cendawan endofit pada 15 dan 30 hsi | 57 |

DAFTAR GAMBAR

| No | Judul | Halaman |
|----|---|---------|
| 1 | Bagan penelitian degradasi residu klorpirifos dengan menggunakan cendawan endofit | 8 |
| 2 | Klasifikasi insektisida secara umum | 12 |
| 3 | Kerangka teori cendawan endofit sebagai pendegradasi residu pestisida | 28 |
| 4 | Alur pelaksanaan penelitian | 37 |
| 5 | Perbedaan warna koloni (a) obverse dan (b) reverse antara genus <i>Trichoderma</i> , <i>Aspergillus</i> , dan <i>Fusarium</i> . | 44 |
| 6 | Penampakan morfologi isolat cendawan endofit yang diujikan pada media tanah (makroskopis dan mikroskopis). | 47 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No | Judul | Halaman |
|----|--|---------|
| 1 | Kondisi lingkungan dan perilaku petani pada pertanaman bawang merah pada setiap lokasi sampling | 76 |
| 2 | Pertumbuhan berbagai isolat cendawan endofit pada media PDA pada setiap perlakuan pestisida klorpirifos pada 3 dan 7 hsi | 77 |
| 3 | Hasil analisis residu pestisida pada tanah pada lima lokasi pertanaman bawang merah | 79 |
| 4 | Grafik kromatogram standar klorpirifos 100 ppm pada GCMS | 80 |
| 5 | Lokasi pengambilan sampel tanah dan tanaman di Desa Bonto Lojong, Kecamatan Uluere, Kabupaten Bantaeng | 81 |
| 6 | Curriculum vitae | 82 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bawang merah merupakan salah satu komoditas unggulan Pemerintah Indonesia saat ini. Pemerintah yang diwakili oleh Kementerian Pertanian menyampaikan bahwa salah satu fokus kegiatan utama 2020 yaitu pengembangan komoditas strategis berupa padi, jagung, kedelai, gula, daging sapi/kerbau, cabai, bawang merah, karet, kopi, kakao, kelapa dalam, dan rempah (pala, lada, dan cengkeh) di wilayah Indonesia (Sulaiman, 2019). Total produksi bawang merah di Indonesia pada tahun 2020 sebesar 1.815.445 ton, dimana total produksi di Sulawesi Selatan sebesar 124.381 ton (BPS, 2020). Di Sulawesi Selatan, salah satu daerah yang menjadi penyuplai komoditas bawang merah yaitu Kabupaten Bantaeng. Di tahun 2019, Kabupaten Bantaeng merupakan penyuplai bawang merah kedua setelah Kabupaten Enrekang dengan total produksi 13.363 ton (BPS Sulawesi Selatan, 2019). Kabupaten Bantaeng merupakan daerah yang tergolong iklim tropis basah dengan curah hujan tahunan rata-rata setiap bulan 14 mm. Dengan kondisi tersebut sangat menguntungkan bagi sektor pertanian (RPIJM Bantaeng, 2016).

Dalam upaya untuk meningkatkan produksi bawang merah, penyaluran bantuan alat dan bahan serta penerapan teknologi untuk

mendukung hal tersebut telah dilaksanakan. Namun beberapa kendala seperti cuaca, penurunan kualitas benih, serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), hingga masalah kualitas tanah yang menurun dapat mempengaruhi hasil produksi bawang merah. Marni dkk (2018) menyebutkan bahwa terjadi korelasi negatif antara populasi *Spodoptera exigua* Hbn. dengan berat umbi segar bawang merah varietas Filipina. Selain itu, berat umbi juga dipengaruhi oleh intensitas curah hujan, suhu, dan kelembaban yang tinggi pada waktu penanaman.

Penggunaan pestisida sintetis di lahan merupakan salah satu solusi pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang mudah dan dapat meningkatkan hasil produksi pertanian. Pestisida sintetis dinilai meningkatkan produktivitas tanaman di lahan pertanian serta mendorong pertumbuhan tanaman yang lebih optimal sehingga penggunaannya dapat meningkatkan ekonomi dan memenuhi permintaan pasar terhadap produk pertanian (Pandya, 2018). Penggunaan pestisida sintetis telah meningkat beberapa kali lipat dalam dekade terakhir, yaitu sekitar 5,2 miliar pound pestisida digunakan di seluruh dunia per tahunnya (Kaur et al, 2019). Di Indonesia, Jamal (2020) menyebutkan bahwa mayoritas petani hortikultura (90%) menggunakan pestisida pada lahan sejak awal pertanaman dan sebagian besar menggunakan insektisida (50%) dibandingkan dengan jenis pestisida lainnya, sekitar 73% petani menggunakan merk dagang yang sama untuk mengendalikan OPT di pertanaman dalam kurun waktu 3 tahun terakhir, dan sebanyak 82%

petani mengaplikasikan pestisida ini dengan cara mencampurkan beberapa jenis pestisida di lahan pertanaman hortikultura. Khusus di Kabupaten Bantaeng, beberapa bahan aktif pestisida yang masih digunakan petani antara lain mankozeb, klorpirifos, deltamethrin, dinotefuron, sipermetrin, dimetoat, difenokonazol, dan beta siflutrin.

Penggunaan pestisida sintetik secara terus menerus dan tidak sesuai anjuran mengakibatkan munculnya resistensi OPT dan menurunnya kemampuan bahan aktif pestisida tersebut. Dalam Permentan (2019) menyebutkan bahwa pestisida adalah bahan beracun yang berpotensi memicu resistensi, resurgensi, timbulnya hama baru, serta gangguan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Isu lain yaitu penurunan kualitas lahan, yang ditunjukkan dengan adanya residu pestisida yang terakumulasi di dalam tanah yang kemudian mengarah kepada masuknya residu pestisida ini hingga ke produk (Barzman et al, 2015). Dari analisis tanah pada pertanaman bawang merah di Desa Bonto Lojong, Kecamatan Uluere, Kabupaten Bantaeng ditemukan residu pestisida klorpirifos berkisar antara 5,38 – 8,60 ppm (Lampiran 3).

Oleh karena itu, upaya untuk mengembalikan kualitas lahan pertanian melalui degradasi residu pestisida terus dilakukan. Penggunaan biochar misalnya dapat memulihkan tanah terkontaminasi pestisida dengan meningkatkan kapasitas adsorpsi untuk pestisida dan mengurangi mobilitas pestisida pada lapisan tanah (Khorram et al 2016). Selain itu, urea berlapis arang aktif tempurung kelapa yang diperkaya mikroba

konsorsia (*Bacillus aryabathai*, BOB 2, BOB 3, BOB 4, BOB 5) dapat menurunkan kandungan heptaklor sebesar 36,30% (Wahyuni et al 2018).

Saat ini, pemanfaatan bahan alami atau mikroorganisme merupakan satu pilihan mengarah kepenurunan penggunaan pestisida sintetik di alam. Penggunaan bahan alami seperti minyak nimba, minyak jeruk, bawang merah dan semprotan bawang putih merupakan beberapa bahan untuk pestisida ramah lingkungan (Pandya, 2018). Selain itu, pemanfaatan mikroorganisme seperti cendawan dan bakteri juga menjadi pilihan untuk mendegradasi residu pestisida pada lahan pertanian. Telah dilakukan penelitian tentang bakteri, cendawan, dan tanaman yang memiliki kandungan senyawa tertentu dapat mendegradasi residu pestisida. Cendawan seperti *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Trichoderma harzianum*, dan *Metarhizium anisopliae* dapat mendegradasi senyawa pestisida golongan organofosfat dan piretroid hingga 90% (Chen et al, 2011; Yadav et al, 2015; El Ghany dan Masmali, 2016). Dalam penelitian Asemoloye et al (2017) menyebutkan bahwa *Aspergillus niger*, *Talaromyces atroseus*, *Talaromyces purpurogenus*, *Yarrowia lipolytica*, dan *Aspergillus flavus*, dapat mempercepat laju degradasi golongan organoklorin dengan nilai degradasi sebesar 79,76-88,67%.

Cendawan endofit yang berada pada jaringan tanaman seringkali berperan dalam mengendalikan serangan patogen penyebab penyakit pada tanaman serta mendukung pertumbuhan tanaman. Sari dkk (2019) menyebutkan bahwa cendawan endofit *Actinomyces* yang diperoleh

pada jaringan akar tanaman bawang merah menunjukkan kemampuan menekan pertumbuhan patogen *Fusarium oxysporum* dan mampu mengkolonisasi jaringan akar tanaman. Selain mengendalikan penyakit tanaman, keberadaan cendawan endofit dapat berpotensi meningkatkan unsur hara tanaman dengan memproduksi N dan P bagi tanaman, serta mengurangi stress tanaman akibat residu pestisida yang diserapnya (Sawhney et al, 2015). Berdasarkan hal di atas maka diperlukan suatu kajian tentang keberadaan endofit pada jaringan tanaman bawang merah serta kemampuannya mendegradasi residu pestisida pada tanah.

B. Rumusan Masalah

Penggunaan pestisida sintetik pada pertanaman menyebabkan adanya residu pada lingkungan. Oleh karena itu, berbagai teknologi seperti pemanfaatan arang aktif dan mikroorganisme telah banyak dihasilkan agar dapat mendegradasi residu pestisida pada tanah, air, dan tanaman secara cepat. Keberadaan cendawan endofit pada jaringan tanaman yang seringkali berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit dan mendukung pertumbuhan tanaman, berpotensi pula dalam mendegradasi residu pestisida yang berada disekitar perakaran tanaman maupun yang terserap oleh tanaman. Sampai saat ini, pemanfaatan cendawan endofit yang berasal dari jaringan tanaman belum banyak diujikan kemampuannya dalam mendegradasi residu pestisida.

Oleh karena itu, masalah-masalah yang perlu dikaji dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah diperoleh cendawan endofit dalam tanaman bawang merah yang mengandung residu pestisida?
2. Apakah cendawan endofit yang diperoleh dapat toleran pada berbagai bahan aktif pestisida sintetik (klorpirifos, endosulfan, karbosulfan, dan mankozeb)?
3. Apakah cendawan endofit yang diperoleh berpotensi dalam menurunkan kadar residu pestisida pada tanah?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi cendawan endofit dari jaringan tanaman bawang merah yang mengandung residu pestisida.
2. Mengetahui toleransi cendawan endofit pada media PDA yang ditambahkan pestisida klorpirifos, endosulfan, karbosulfan, dan mankozeb.
3. Mengetahui kemampuan cendawan endofit menurunkan kadar klorpirifos pada media tanah.

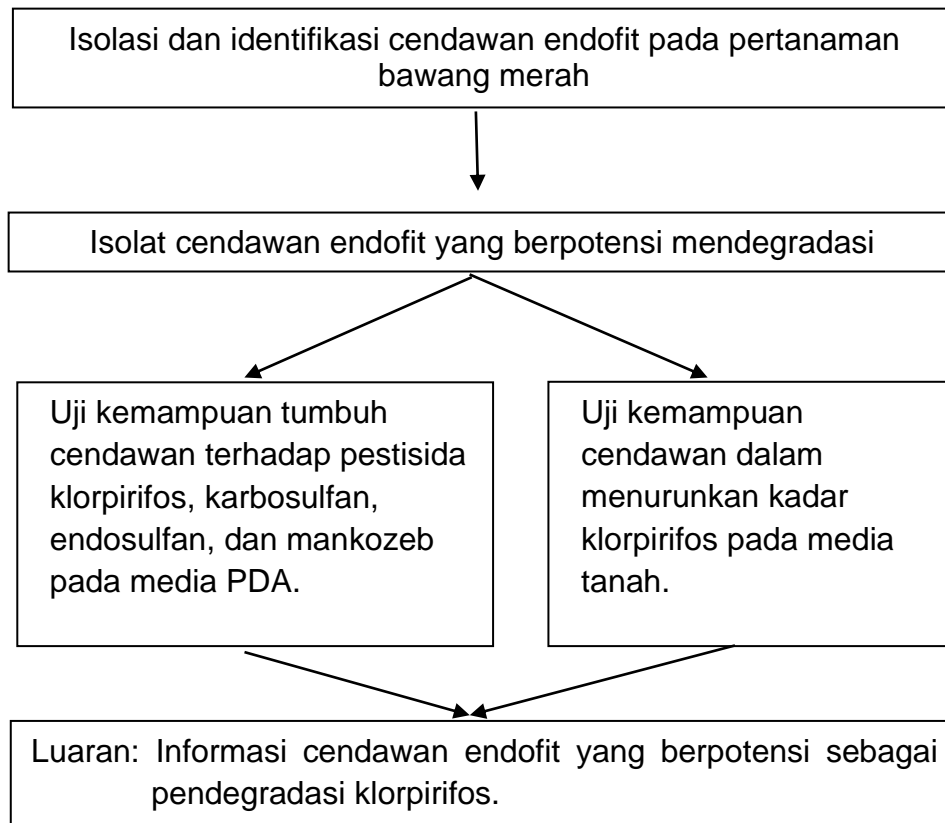
D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu memperoleh informasi cendawan endofit yang berpotensi sebagai pendegradasi residu pestisida untuk mendukung pertanian ramah lingkungan.

E. Ruang Lingkup Penelitian

1. Identifikasi morfologi isolat cendawan endofit secara morfologi yang diperoleh dari tanaman bawang merah.
2. Pengujian toleransi isolat cendawan endofit pada media PDA yang ditambahkan pestisida klorpirifos, endosulfan, karbosulfan, dan mankozeb.
3. Pengujian kemampuan isolat cendawan endofit menurunkan kadar klorpirifos pada media tanah.

F. Sistematika Penelitian



Gambar 1. Bagan penelitian degradasi residu klorpirifos dengan menggunakan cendawan endofit.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Golongan Pestisida Sintetik

Pestisida merupakan suatu zat atau campuran zat yang memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda namun identik satu dengan yang lain. Pestisida di golongan berdasarkan sifat-sifat tersebut. Ada tiga klasifikasi pestisida yang paling banyak digunakan yaitu berdasarkan cara masuk, fungsi dan organisme sasaran, dan komposisi kimiawi (Kaur et al, 2019).

Menurut Pandya (2018), berdasarkan organisme sarannya, pestisida dibagi atas insektisida, herbisida, fungisida, nematisida, dan rodentisida.

A. 1. Insektisida

Insektisida adalah racun yang menyerang saluran pencernaan, racun kontak atau fumigan (terhirup) terhadap serangga. Berdasarkan struktur kimianya, insektisida dikelompokkan menjadi organoklorin, organofosfat, karbamat, pirethroid, dan triazine (Pandya, 2018).

Organoklorin

Pestisida organoklorin yang paling banyak dikenal adalah dichloro diphenyl trichloroethane (DDT), yang penggunaannya tidak terkendali sehingga menimbulkan masalah pada lingkungan dan manusia. Endosulfan, dieldrin, heptachlor, dicofol, dan methoxychlor adalah

beberapa organoklorin lain yang digunakan sebagai pestisida. DDT dan metabolitnya p, p-diklorodiphenyldichloroethylene (DDE) mungkin memiliki potensi mengganggu endokrin dan aksi karsinogenik (Nicolopoulou-Stamati et al, 2016). Persistensi endosulfan pada tanah sekitar 60 hari (alfa-endosulfan) dan 800 hari (beta-endosulfan), dimana dapat terdegradasi menjadi endosulfan sulfat. Pada buah dan sayur, 50% residunya dapat hilang pada 3-7 hari (FAO, 2000).

Organofosfat

Organofosfat merupakan golongan yang diperkenalkan sebagai alternatif yang lebih ekologis untuk organoklorin. Beberapa jenis bahan aktif yang tergolong organofosfat seperti malathion, parathion, dan dimethoate (Nicolopoulou-Stamati et al, 2016). Pestisida organofosfat dianggap sebagai salah satu pestisida berspektrum luas yang mengendalikan berbagai hama. Pestisida ini juga dapat terurai menyebabkan polusi lingkungan dan resistensi hama (Kaur et al, 2019).

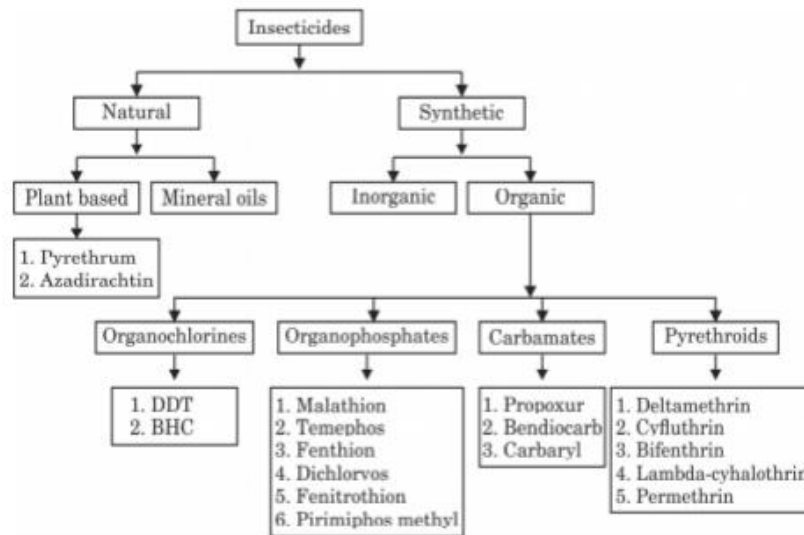
Alvarenga et al (2014) menyebutkan bahwa insektisida organofosfat digunakan secara luas dalam pengendalian berbagai hama pada pertanian. Golongan ini biasanya bersifat sangat mematikan bagi serangga dan relatif tidak berbahaya terhadap ikan, mamalia, dan burung. Dibandingkan dengan DDT, klordan, dan dieldrin, golongan ini tidak memiliki waktu terurai yang lama dalam tanah. Namun beberapa insektisida organofosfat cukup persisten dan memiliki waktu paruh di tanah hingga beberapa bulan.

Persistensi klorpirifos pada tanah berkisar antara 60-120 hari, namun pada kondisi tertentu (perbedaan jenis tanah, iklim, dan pH tanah) dapat menjadi 2 minggu bahkan lebih dari 1 tahun. pH tanah yang tinggi dapat mengurangi persistensi klorpirifos pada tanah. Klorpirifos dapat mengalami degradasi disebabkan oleh pengaruh sinar UV, hidrolisis kimia, dan mikroba tanah (Jaiswal et al, 2017).

Karbamat

Karbamat mirip dengan organofosfat. Organofosfat adalah turunan dari asam fosfat, sedangkan karbamat berasal dari asam karbamat. Prinsip kerja pestisida karbamat mirip dengan pestisida organofosfat dengan mempengaruhi transmisi sinyal saraf yang mengakibatkan kematian hama. Kadang-kadang, dapat sebagai racun perut dan kontak serta fumigan. Beberapa insektisida yang banyak digunakan di bawah kelompok ini termasuk carbaryl, carbofuran, propoxur (Kaur et al, 2019). Golongan karbamat, seperti aldicarb, carbofuran, dan ziram adalah kelas pestisida kimia yang berhubungan dengan aktivitas pengganggu endokrin, kemungkinan gangguan reproduksi, dan efek pada mekanisme metabolisme seluler (Nicolopoulou-Stamati et al, 2016).

Persistensi karbamat tergolong rendah hingga sedang, yaitu berkisar beberapa hari sampai beberapa minggu. Karbosulfan memiliki masa persisten sekitar 20-90 hari tergantung kondisi tanah (Merlinkamala and Chandrasekaran, 2015; Dhanya et al, 2016).



Gambar 2. Klasifikasi insektisida secara umum (Kaur et al, 2019).

A. 2. Herbisida

Herbisida digunakan untuk membunuh tanaman atau gulma yang tidak diinginkan di lahan pertanian. Berdasarkan cara serangannya, ada yang disebut herbisida selektif dan nonselektif, herbisida kontak, herbisida translokasi, dan herbisida yang diaplikasikan di tanah. Beberapa herbisida sintetik seperti paraquat dapat menyebabkan penyakit Parkinson pada manusia (Pandya, 2018).

A. 3. Fungisida

Fungisida merupakan zat yang digunakan untuk mengendalikan serangan cendawan patogen. Fungisida anorganik termasuk campuran bordeaux, belerang, merkuri klorida, dll (Pandya, 2018).

Salah satu jenis fungisida yaitu mankozeb merupakan fungisida yang umum digunakan untuk mengendalikan berbagai penyakit pada

bagian daun tanaman seperti kentang, buah-buahan, tomat, dan sereal. Pada umumnya berbentuk padatan dan sedikit larut dalam air dan pelarut organik, serta memiliki volatilitas yang rendah. Mankozeb mampu menghalangi metabolisme jamur patogen pada tingkat sel sehingga dapat mengendalikan patogen seperti *Phytophthora* spp (FAO, 2021). Persistensi mankozeb pada tanah tergolong rendah, dimana nilai waktu paruhnya hanya 1-7 hari (FAO, 2000), namun pada beberapa kasus dapat berkisar antara 1-165 hari (Swarcewicz and Gregorczyk, 2012).

A. 4. Nematisida

Nematisida merupakan jenis pestisida yang digunakan untuk mengendalikan nematoda. misalnya, bahan aktif aldirab adalah inhibitor esterase asetilkolin yang digunakan untuk membunuh nematoda yang menginfeksi tembakau di pertanian (Pandya, 2018).

A. 5. Rodentisida

Rodentisida umumnya dikenal sebagai racun tikus. Rodentisida memiliki efek penghambatan pada siklus vitamin K pada hewan pengerat serta mamalia sehingga kematian hama. Vitamin D menyebabkan hiperkalsemia pada tikus (Pandya, 2018).

B. Penggunaan Pestisida dan Dampak Pestisida Pada Manusia

Keamanan pangan merupakan salah satu upaya yang dicanangkan Pemerintah RI menuju pasar global, dimana segala upaya yang dilakukan untuk mencegah produk hasil pertanian tercemar secara biologis, kimia, dan/atau benda lain yang dapat membahayakan konsumen. Untuk mencapai hal ini, residu pestisida dari suatu produk makanan tidak boleh melebihi batas tertentu. Beberapa jenis pestisida sudah dilarang penggunaannya oleh Pemerintah RI. Indonesia telah mengeluarkan regulasi daftar bahan aktif yang dilarang untuk semua bidang penggunaan pestisida seperti golongan organoklorin (aldrin, dieldrin, DDT, endrin, heptaklor, dan lindan), organofosfat (klorpirifos dan metil parathion), karbamat (aldikarb) (Permentan, 2007). Pestisida berbahan aktif endosulfan telah dilarang digunakan pada seluruh bidang dan klorpirifos merupakan bahan aktif pestisida yang dilarang penggunaannya pada tanaman padi dan dalam rumah tangga. (Permentan, 2019)

Dalam UTZ (2015) yang berdasarkan pada regulasi pelarangan pestisida dari beberapa negara menyebutkan bahwa golongan organoklorin (aldrin, dieldrin, DDT, endrin, endosulfan, heptaklor, dan lindan), organofosfat (klorpirifos, fenitrothion, dan metil parathion), karbamat (aldikarb, oksamil, dan karbofuran), dan piretroid (sipemethrin, deltamethrin, dan permethrin) merupakan golongan yang telah dilarang penggunaannya karena merupakan senyawa yang menimbulkan

toksisitas akut dan toksisitas kronis (karsinogenik, mutagenik, toksikan reproduktif, dan gangguan endokrin). Javaid et al (2016) menerangkan bahwa penggunaan pestisida secara intensif menyebabkan masalah serius pada lingkungan, karena dari aplikasi yang dilakukan ke tanaman, hanya 5% atau bahkan kurang dari 5% yang diaplikasikan yang efektif untuk organisme target dan pada akhirnya menyebabkan kontaminasi pada tanah dan air di sekitarnya. Selain menyebabkan racun ke manusia, ada risiko kontaminasi yang tinggi dalam ekosistem. Ancaman terhadap organisme non target akibat penyemprotan pestisida ini juga sangat mengkhawatirkan, seperti musuh alami, tanaman non target, kondisi udara dan tanah.

Paparan DDT dan DDE pada rahim manusia dikaitkan dengan efek perkembangan saraf pada anak-anak. Selain itu, penelitian terbaru terkait DDE dengan disfungsi lipid hati pada tikus. Kelas umum pestisida organoklorin telah dikaitkan dengan efek kesehatan, seperti gangguan endokrin, efek pada perkembangan embrionik, metabolisme lipid, dan perubahan hematologis dan hati (Nicolopoulou-Stamati et al, 2016).

BMR (Batas Maksimum Residu) didefinisikan sebagai konsentrasi maksimum residu pestisida yang secara hukum diizinkan atau diketahui sebagai konsentrasi yang dapat diterima pada hasil pertanian yang dinyatakan dalam miligram residu pestisida per kilogram hasil pertanian (ppm). Penggunaan pestisida yang berlebihan menyebabkan residu yang tinggi pada produk hasil pertanian. Residu pestisida pada produk

pertanian dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi konsumen. Residu pestisida bersifat akumulatif pada tubuh dan terdistribusi melalui rantai makanan dengan kecenderungan konsumen yang menempati piramida makanan tertinggi (manusia) yang terdistribusi lebih banyak residu pestisida. Beberapa gangguan kesehatan yang timbul akibat akumulasi residu pestisida antara lain dapat menyebabkan kanker, gangguan sistem reproduksi, gangguan sistem syaraf, kerusakan sistem kekebalan tubuh dan gangguan fungsi jantung (BSN 2008). Pestisida jenis metil parathion misalnya, penggunaan pestisida ini dapat menyebabkan akumulasi pestisida di tanah dan air minum, yang mengakibatkan dampak parah pada kesehatan manusia (Ong et al 2019). Beberapa nilai BMR pada produk pertanian hortikultura pada golongan insektisida organoklorin, organofosfat, dan karbamat dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai BMR pada beberapa produk hortikultura.

| Golongan | Bahan Aktif | Produk | Nilai BMR (mg/kg) |
|---------------------|--------------|---------------------|-------------------|
| Organofosfat | Klorpirifos | Kentang | 2 |
| | | Kubis | 1 |
| | | Bawang bombai, umbi | 0,2 |
| | Fenitrothion | Kentang | 0,05 |
| | | Kubis | 0,5 |
| | | Bawang bombai, umbi | 0,05 |
| | Metidathion | Kentang | 0,02 |
| | | Kubis | 0,1 |
| Bawang bombai, umbi | | 0,1 | |
| Profenofos | Kentang | 0,05 | |
| | Kubis | 1 | |
| Karbamat | Karbofuran | Kentang | 0,5 |
| | | Kubis | 0,5 |
| | | Bawang bombai, umbi | 0,1 |
| Ditio-Karbamat | Mankozeb | Kubis | 1 |

Sumber: BSN, 2008

Makin kecil angka BMR Pestisida pada suatu komoditas menggambarkan makin berbahaya suatu pestisida. BMR untuk 1 (satu) jenis pestisida berbeda pada komoditas yang berbeda karena dikaitkan dengan pola konsumsi masing-masing komoditas (BSN, 2008).

C. Strategi Remediasi Residu Pestisida

Strategi untuk menanggulangi cemaran residu pestisida yang ada pada tanah maupun air sangat diperlukan. Beberapa teknologi sederhana untuk menurunkan residu pestisida pada produk seperti pencucian, ionisasi, dll. Menurut Alen et al (2015) bahwa pencucian selada dapat menurunkan residu pestisida Profenofos, dimana rata-rata kadar residu pada selada tidak dicuci 0,204 ppm, selada dicuci dengan air kadarnya 0,080 ppm, dan selada dicuci dengan deterjen pencuci sayuran kadarnya 0,061 ppm, sehingga metode pencucian dianggap lebih efektif, praktis dan murah.

Ada beberapa upaya untuk menurunkan residu pestisida pada tanah maupun pada produk seperti penggunaan agen pengendali hayati dan pengendalian hama terpadu, penggunaan pestisida non persisten, pengaturan waktu dan dosis penyemprotan, penggunaan arang aktif, pencucian, penggunaan ozon, perendaman pada air panas, penggunaan radiasi ultrasonik, dan pengaturan pH (Fitriadi dan Putri 2016).

Tingkat degradasi pestisida dipengaruhi oleh beberapa faktor yang meliputi struktur polutan, pH tanah, konsentrasi hydrogen peroksida, dan

konsentrasi zat besi. Faktor-faktor ini menyebabkan tingkat degradasi yang berbeda pada setiap teknologi (Javaid et al 2016).

D. Biodegradasi Pestisida Dengan Menggunakan Cendawan

Prawitasari et al (2018) menyebutkan bahwa bioremediasi adalah teknologi untuk memecah atau menguraikan zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbondioksida dan air) dengan memanfaatkan organisme atau produk organisme.

Pemanfaatan cendawan sebagai pendegradasi residu pestisida khususnya insektisida juga merupakan suatu teknologi yang mulai dikembangkan. Keberadaannya di alam yang melimpah menjadi satu penyebab dijadikannya sebagai alternatif pendegradasi residu insektisida. Penggunaan mikroorganisme misalnya, beberapa mikroorganisme pada kelompok cendawan ataupun bakteri dinilai mampu mendegradasi golongan pestisida tertentu hingga mencapai 100% penurunannya. Mikroorganisme yang ada di alam terdiri dari banyak spesies yang beberapa di antaranya dapat menjadi solusi untuk bioremediasi pestisida (Javaid et al 2016). Ong et al (2019) menyebutkan bahwa mycoremediation (remediasi dengan menggunakan cendawan) dianggap sebagai teknologi ramah lingkungan yang efisien dan dapat menurunkan residu pestisida dan memecah memecah polutan.

Mekanisme utama dalam proses degradasi pestisida oleh mikroorganisme secara umum terdiri atas dua yaitu mineralisasi dan co-

metabolism. Mineralisasi adalah istilah umum untuk proses perubahan senyawa organik menjadi senyawa anorganik yang dipengaruhi adanya mikroba. Banyak jenis pestisida kimia yang strukturnya hampir mirip dengan senyawa alami, dan beberapa mikroorganisme mempunyai enzim yang mampu mendegradasinya. Pestisida kimia ini dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber nutrisi, yang kemudian didegradasi menjadi bahan anorganik, air, dan karbon dioksida. Golongan dan struktur molekul dari masing-masing pestisida akan menunjukkan reaksi degradasi yang berbeda terhadap spesies mikroorganisme tertentu (Huang et al, 2018). Lebih lengkap diuraikan oleh Ye et al (2018) bahwa mekanisme umum degradasi yaitu mineralisasi, *co-metabolism*, efek biokonsentrasi atau kumulatif dan efek mikroba pada pestisida. Degradasi lewat jalur reaksi enzimatik yaitu oksidasi, dehidrogenasi, reduksi, hidrolisis, sintesis dan jenis reaksi lainnya.

Menurut Zhan et al (2020), bioaugmentasi mampu meningkatkan proses degradasi pestisida golongan piretroid dalam kultur cair dan tanah. Mikroorganisme menghidrolisis ikatan ester piretroid menggunakan enzim dalam degradasinya. Karboksilesterase berperan penting dalam dengan memutus hubungan karboksilester dari piretroid. Mekanisme katalitik tergantung pada tiga asam amino (glutamin, histidin, dan serin) yang terdapat pada situs aktif enzim karboksilesterase.

Aspergillus

Beberapa spesies dalam genus *Aspergillus* dapat mendegradasi pestisida bahan aktif lindan, endosulfan, metil parathion, klorpirifos, lamda sihalotrin, dll. Asemoloye et al (2017) menyebutkan bahwa kombinasi antara *Megathyrsus maximus* yang merupakan spesies tanaman dengan penambahan cendawan dominan pada lahan tercemar lindan yaitu *Aspergillus niger*, *Talaromyces atroseus*, *Talaromyces purpurogenus*, *Yarrowia lipolytica*, dan *Aspergillus flavus*, dapat mempercepat laju degradasi lindan, konsentrasi lindane yang terdeteksi awalnya sebesar 45 mg/kg berkurang pada perlakuan 20-40%, dengan nilai degradasi sebesar 79,76-88,67%. Hasil ini menunjukkan bahwa hubungan sinergis antara cendawan yang diidentifikasi dan akar *M. maximus* dapat digunakan untuk mendegradasi lindan dalam tanah pada periode waktu singkat.

Menurut Bhalerao dan Puranik (2007), endosulfan adalah pestisida terklorinasi yang banyak digunakan untuk pengendalian hama kapas, teh, tebu dan sayuran. Dari hasil penelitian, *Aspergillus niger* dianggap sebagai cendawan yang berpotensi untuk mendegradasi endosulfan. Desulfurisasi langsung dari endosulfan sulfat atau jalur novel bisa menjadi mekanisme degradasi endosulfan dan endosulfan sulfat yang dilakukan cendawan *Aspergillus niger*. Strain cendawan diisolasi ini dapat dimanfaatkan untuk bioremediasi tanah dan air yang terkontaminasi endosulfan.

Aspergillus sydowii CBMAI 935 merupakan cendawan yang dapat menurunkan kadar pestisida metil parathion dengan konsentrasi 50 ppm sebesar 100% pada hari ke 30 (Alvarenga et al. 2014). Pada penelitian selanjutnya, Alvarenga et al (2015) menunjukkan bahwa setelah 30 hari, *A. sydowii* CBMAI 935 dan *Trichoderma* sp. CBMAI 932 mampu menurunkan rata-rata 63% dan 72% dari klorpirifos, dan mengurangi konsentrasi dari 3,5,6-trikloro-2-piridinol, metabolit yang dibentuk oleh reaksi hidrolisis enzimatis klorpirifos.

Hasil penelitian menunjukkan tiga spesies cendawan yaitu, *Penicillium chrysogenum* (I-1), *Aspergillus nidulans* (I-8) dan *Aspergillus niger* (I26) memiliki rata-rata biomassa kering (g) tertinggi saat ditumbuhkan pada media PDB dengan konsentrasi metil parathion 40 ppm. Oleh karena itu disimpulkan bahwa ketiga spesies ini memiliki toleransi tinggi terhadap pestisida metil parathion dan memiliki kemampuan tumbuh yang tinggi (Ong et al. 2019).

Dalam penelitian lainnya, Yadav et al (2015) menunjukkan bahwa cendawan *Aspergillus* sp. mampu menurunkan residu pestisida klorpirifos dengan konsentrasi sebesar 300 ppm sebesar lebih dari 85%. Pada pestisida yang sama, Sawhney et al (2015) menyebutkan bahwa *Acinetobacter beijrenckii* strain MP17_2B dan *Enterobacter aerogens* regangan BPRIST043 mampu menurunkan sebesar 97% dan 88% pada konsentrasi pestisida 10 ppm dalam waktu 24 jam.

Pengujian terhadap pestisida lamda sihalotrin terhadap penggunaan cendawan *Aspergillus niger* menunjukkan hasil degradasi sebesar 33,3% pada tanah terkontaminasi pestisida ini. Hal ini kemudian dapat menjadi pertimbangan cendawan *Aspergillus niger* sebagai cendawan pendegradasi residu pestisida (Sanyaolu 2018).

Aspergillus niger PS 1.4 mampu tumbuh pada beberapa pestisida: 50mg/L (ppm) Clorpirifos, 50 mg/L Cypermethrin dan 50mg/L Deltamethrin. *Aspergillus niger* PS1.4 dapat mendegradasi Deltamethrin sebanyak 90,2% dalam waktu 10 hari (Subowo 2012). Cendawan *Aspergillus niger* TR1 mempunyai kemampuan menguraikan deltametrin 500 ppm sebesar 90,68% setelah 1 jam inkubasi dan Poly R-478 sebesar 0,46% setelah 30 menit inkubasi. Selain itu, cendawan ini mempunyai aktivitas selulase sebesar 0,029 unit/ml dan mampu melarutkan senyawa fosfat anorganik dan menghasilkan hormon IAA (Subowo 2013).

Trichoderma

El Ghany dan Masmali (2016) menyebutkan bahwa cendawan *Trichoderma harzianum* merupakan cendawan yang berpotensi sebagai pendegradasi residu insektisida golongan organofosfat. Degradasi cendawan terhadap profenofos, diazinon dan malathion meningkat dengan meningkatnya periode inkubasi. Pada konsentrasi 40 ppm dengan waktu inkubasi 20 hari, cendawan *Trichoderma harzianum* mampu menurunkan residu profenofos, diazinon, dan malathion (71,05%, 84,8%, dan 90,56%).

Cendawan *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma viride* mampu melakukan biodegradasi pestisida oxamyl. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Trichoderma* spp. menggunakan oxamyl sebagai sumber karbon dan nitrogen. Degradasi oksamil sebesar 72,5% dalam 10 hari inkubasi oleh strain *T. harzianum*. Dan 82,05% dalam 10 hari inkubasi oleh strain *T. viride*. Ini menunjukkan bahwa isolat *Trichoderma* spp. berpotensi untuk bioremediasi oxamyl (Aemmr et al. 2013).

Penicillium

Dalam penelitian Birolli et al (2015) menyebutkan bahwa cendawan *Penicillium miczynskii* CBMAI 930 menunjukkan toleransi tertinggi terhadap dieldrin. Dalam 14 hari, cendawan ini mampu menurunkan residu dieldrin dengan konsentrasi 50 ppm sebesar 90%. *P. miczynskii* adalah strain yang potensial untuk bioremediasi dieldrin.

Cendawan *Penicillium decaturense* CBMAI 1234 juga dapat menurunkan kadar pestisida metil parathion dengan konsentrasi 50 ppm sebesar 99% pada hari ke 30 (Alvarenga et al. 2014).

Metarhizium

El Ghany dan Masmali (2016) menyebutkan bahwa cendawan *Metarhizium anisopliae* merupakan cendawan yang berpotensi sebagai pendegradasi residu insektisida golongan organofosfat. Degradasi cendawan terhadap profenofos, diazinon dan malathion meningkat dengan meningkatnya periode inkubasi. Pada konsentrasi 40 ppm dengan

waktu inkubasi 20 hari, cendawan *Metarhizium anisopliae* ini mampu menurunkan profenofos, diazinon dan malathion (63,68%, 68,15%, dan 83,77%).

Isaria farinose

Karolin et al (2015) menyebutkan bahwa potensi degradasi *Isaria farinose* terhadap pestisida klorpirifos pada konsentrasi pestisida 800 ppm sebesar 60,4-61,0 dari hari ke 7 hingga ke 30. Selain itu, pada konsentrasi 400 ppm, cendawan ini dapat mendegradasi sebesar 80,8% pada hari ke 30 pada kondisi in vitro.

Coriolus versicolor

Hai et al (2012) menyebutkan bahwa dalam 7 hari pada konsentrasi pestisida aldicarb, atrazine, dan alachlor 10 ppm, *Coriolus versicolor* yang dikombinasikan dengan bakteri mampu menurunkan masing-masing sebesar 82, 77, dan 67%, dan pada perlakuan tanpa bakteri dapat menurunkan ketiga pestisida berturut-turut sebesar 79, 81, dan 59%.

Phlebia brevispora

Ayu et al (2016) menyebutkan bahwa residu dari DDT bersifat lipofilik dan sulit didegradasi, sehingga diperlukan proses degradasi yang efektif oleh mikroorganisme. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi DDT 0,25 mmol, cendawan *Phlebia brevispora* 10 mL

ditambahkan dengan bakteri *Ralstonia pickettii* 10 mL dapat menurunkan residu sebesar 100%.

Ganoderma lucidum

Insektisida lindan merupakan golongan organoklorin spektrum luas yang telah menyebabkan kontaminasi lingkungan karena pengaplikasiannya yang salah. Kemampuan cendawan *Ganoderma lucidum* GL-2 mendegradasi lindan pada konsentrasi 40 ppm diperoleh 75,50% pada hari ke 28 masa inkubasi, Karena kemampuan menurunkan lindan, cendawan *G. lucidum* GL-2 dapat menjadi cendawan potensial untuk bioremediasi lindan di lokasi yang terkontaminasi (Kaur et al 2016)

Candida pelliculosa

Chen et al (2012) menunjukkan bahwa pestisida golongan piretroid adalah salah satu polutan paling luas dan telah menyebabkan efek potensial pada kesehatan manusia. Cendawan *Candida pelliculosa* ZS-02 pada kondisi tertentu mampu menurunkan pestisida bifenthrin 400 ppm sebesar 91,3%. Selain itu pada konsentrasi 50 ppm jenis pestisida deltamethrin, cyfluthrin, fenvalerate, dan fepropathrin dapat didegradasi sebesar 93,4%, 94,8%, 93%, dan 51% berturut-turut.

Cladosporium

Chen et al (2011) mengujikan jenis pestisida yang sama pada strain cendawan yang berbeda yaitu *Cladosporium* sp. strain HU yang

diketahui mampu menurunkan residu pestisida beberapa golongan piretroid serta 3-fenoksibenzaldehida. Hasil yang diperoleh pada pestisida sipemethrin, bifenthrin, permethrin, deltamethrin, fenvalerate, dan fenpropathrin dapat didegradasi oleh cendawan ini dengan kemampuan sebesar 100%, 92,1%, 91,6%, 94,6%, 100%, dan 100% secara berturut-turut pada konsentrasi pestisida 100 ppm.

E. Cendawan Endofit dan Pemanfaatannya

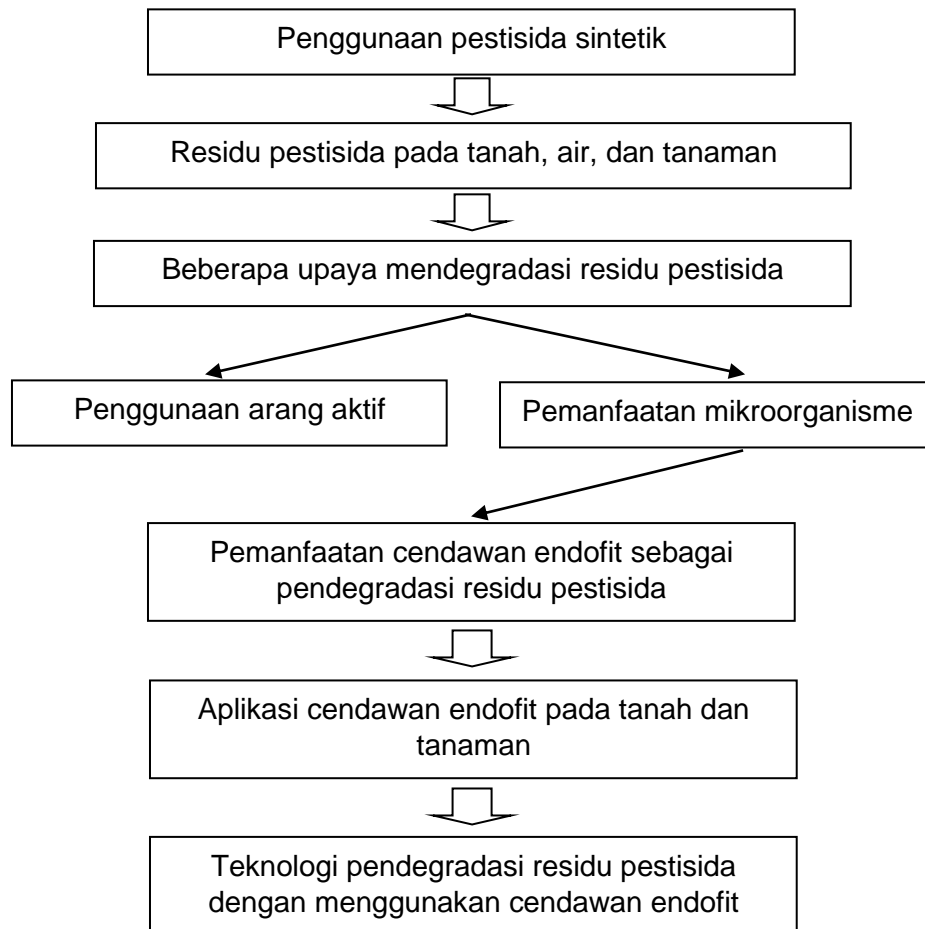
Dari sub bab sebelumnya, beberapa cendawan yang tergolong cendawan endofit yaitu *Trichoderma* sp., *Aspergillus*, *Penicillium*, menunjukkan kemampuan dalam mendegradasi beberapa jenis pestisida hingga 100%. Spesies cendawan ini dapat berpotensi menjadi bioremediator yang dapat di aplikasikan saat ada tanaman di lahan. Pengaplikasiannya di lahan tanpa mengganggu tanaman juga dapat berpotensi untuk menurunkan residu pada produk pertanian selama masa budidaya. Selain itu, potensi cendawan ini sebagai pengendali OPT juga dapat dipertimbangkan. Dewi et al (2021) menunjukkan pada jaringan tanaman cabai ditemukan cendawan endofit yaitu *Lasiodiplodia* sp., *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., dan *Fusarium* sp. yang berpotensi sebagai pengendali layu fusarium pada cabai.

Zakaria et al (2010) menyampaikan bahwa genus cendawan endofit yang diisolasi dari berbagai bagian tanaman padi sehat (*Oryza sativa*) yaitu *Fusarium*, *Aspergillus*, *Curvularia*, *Penicillium*, *Gilmaniella*

dan *Arthrotrrys foliicola*. *Fusarium* dan *Curvularia* lebih banyak ditemukan pada biji. *Aspergillus* dan *Penicillium* sebagian besar ditemukan pada bagian daun.

Hasil penelitian Suswanto et al (2018) menyebutkan bahwa cendawan endofit yang memiliki daya hambat kuat terhadap *Septobasidium* spp yang menyerang tanaman lada dan tidak menimbulkan dampak merugikan bagi tanaman berupa *Gliocladium* sp. *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Fusarium* spp., *Trichoderma* spp. dan *T. harzianum*. Bahkan *Gliocladium* sp. dan *T. harzianum* bahkan mampu memacu pertumbuhan tanaman berkisar 27-29%.

F. Kerangka Konseptual



Gambar 3. Kerangka teori cendawan endofit sebagai pendegradasi residu pestisida.

G. Hipotesis Penelitian

1. Terdapat satu atau lebih spesies cendawan endofit yang teridentifikasi dari jaringan tanaman bawang merah yang mengandung residu pestisida.
2. Terdapat satu atau lebih spesies cendawan endofit yang toleran pada media PDA yang ditambahkan pestisida klorpirifos, endosulfan, karbosulfan, dan mankozeb.
3. Terdapat satu atau lebih spesies cendawan endofit yang mampu menurunkan kadar klorpirifos pada media tanah.