



Isian Substansi Proposal

SKEMA PENELITIAN DASAR (PENELITIAN DOSEN PEMULA AFFIRMASI, PENELITIAN DOSEN PEMULA, PENELITIAN PASCASARJANA)

Pengusul hanya diperkenankan mengisi di tempat yang telah disediakan sesuai dengan petunjuk pengisian dan tidak diperkenankan melakukan modifikasi template atau penghapusan di setiap bagian.

A. JUDUL

Tuliskan judul usulan penelitian maksimal 20 kata

ANALISIS KERAGAMAN JAMUR ENDOFIT PADA MARGA PIPER DAN UJI POTENSINYA SEBAGAI AGENS HAYATI PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA TANAMAN LADA]

B. RINGKASAN

Isian ringkasan penelitian tidak lebih dari 300 kata yang berisi urgensi, tujuan, metode, dan luaran yang ditargetkan

Tanaman lada (*Piper nigrum* L.) merupakan tanaman rempah, yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Salah satu permasalahan utama yang secara signifikan menurunkan produksi tanaman lada adalah adanya serangan penyakit kuning akibat infeksi dari jamur *Fusarium oxysporum*. Tanaman yang terserang penyakit ini, dengan cepat mati, dan sulit untuk ditanam kembali, sehingga menyebabkan kerugian yang signifikan bagi petani. Pengendalian penyakit kuning di lapangan bertumpu pada penggunaan pestisida sintetik. Hal ini dapat menyebabkan beberapa masalah, termasuk resistensi pathogen, kerusakan pada mikroba tanah yang bermanfaat, pencemaran lingkungan, mengganggu kesehatan manusia, serta keberlanjutan pertanian pada jangka Panjang. Salah satu solusi yang dapat ditawarkan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menggunakan agens hayati berupa jamur endofit. Jamur endofit dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan pathogen, menyediakan nutrisi, meningkatkan ketahanan akibat cekaman lingkungan, dan pengurangan kebutuhan akan pestisida kimia. Penelitian mengenai agens hayati menggunakan jamur endofit telah banyak dilaporkan sebelumnya, namun belum ada laporan terkait keragaman jamur endofit lokal Kalimantan Timru yang diisolasi dari lada dan marga Piper lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jamur endofit antagonistik pada tanaman lada dan mekanisme antagonismenya terhadap *F. oxysporum* untuk mengetahui keragaman hayati jamur endofit pada tanaman lada dan mekanisme antagonismenya terhadap penyakit kuning pada tanaman lada. Tahapan penelitian terdiri atas: pengamatan tanaman lada terserang penyakit akibat terinfeksi fusarium pada 3 lokasi perkebunan lada; isolasi fusarium pada tanah dan tanaman lada yang terserang; pemurnian isolat fusarium; pengamatan jamur fusarium secara mikroskopik; pengujian media terbaik untuk jamur endofit; isolasi jamur endofit dari 5 marga piper; pemurnian jamur endofit; karakterisasi jamur endofit secara makroskopik dan mikroskopik; uji antagonis jamur endofit terhadap fusarium secara in vitro; dan analisis DNA Barcoding jamur endofit menggunakan primer ITS 1 dan ITS 4. Hasil dari penelitian minimal akan dipublikasikan pada 1 jurnal internasional bereputasi "Mycobiology" (Terindeks scopus Q2, IF=1,9). TKT penelitian yang diajukan adalah TKT 2.]

C. KATA KUNCI

Isian 5 kata kunci yang dipisahkan dengan tanda titik koma (;)

[Agens hayati; Endofit; Fusarium; Lada; Piper spp.]

D. PENDAHULUAN

Pendahuluan penelitian tidak lebih dari 1000 kata yang terdiri dari:

- Latar belakang dan rumusan permasalahan yang akan diteliti
- Pendekatan pemecahan masalah
- State of the art dan kebaruan
- Peta jalan (road map) penelitian 5 tahun

Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan.

D.1. LATAR BELAKANG DAN RUMUSAN MASALAH

Tuliskan latar belakang penelitian dan rumusan permasalahan yang akan diteliti, serta urgensi dari dilakukannya penelitian ini

Latar Belakang Masalah

Tanaman lada (*Piper nigrum* L.) merupakan tanaman rempah, yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi, dipergunakan diseluruh dunia. Salah satu faktor penyebab menurunnya produksi lada adalah serangan penyakit kuning akibat infeksi dari jamur *Fusarium oxysporum*[1][2]. Penyakit kuning penyakit kompleks yang disebabkan oleh *F. oxysporum*, serangan nematoda, dan faktor kesuburan tanah yang rendah. Adanya luka akibat serangan nematoda akan memudahkan terjadinya infeksi jamur *F. oxysporum*. Gejala serangan dari penyakit ini adalah daun menjadi kuning, kaku tergantung tegak lurus pada waktu awal dan makin lama makin mengarah ke batang. Daun sangat rapuh sehingga mudah gugur. Secara bertahap, cabang akan gugur dan akhirnya tanaman gundul [3]. Tanaman yang terinfeksi akan dengan cepat mati, dan sulit untuk ditanam kembali, sehingga menyebabkan kerugian yang signifikan bagi petani. Laporan penurunan hasil akibat serangan penyakit ini mencapai 87%[1]

Pengendalian penyakit kuning umumnya dilakukan petani dengan menggunakan pestisida sintetik. Namun, penggunaan pestisida sintetik secara berkelanjutan dapat menyebabkan beberapa masalah, termasuk resistensi pathogen[4], kerusakan pada mikroba tanah yang bermanfaat, pencemaran lingkungan[5][6], mengganggu kesehatan manusia [7][8][9], serta keberlanjutan jangka panjang pertanian[10]. Hal ini menunjukkan urgensi untuk mengurangi penggunaan pestisida sintetik melalui alternatif pengendalian penyakit yang ramah lingkungan, menggunakan mikroorganisme antagonis[2] yang mendukung impementasi green economy dan pertanian berkelanjutan.

Pertanian berkelanjutan menjadi salah satu fokus utama dalam menjaga keberlanjutan sumber daya alam dan meningkatkan produktivitas pertanian yang ramah lingkungan[11]. Salah satu aspek penting dalam mencapai tujuan tersebut adalah penggunaan agens hayati yang mengandung jamur endofit[12][13] sebagai bioproteksi untuk tanaman. Jamur endofit adalah cendawan yang tinggal dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan penyakit[14]. Penerapan agens hayati jamur endofit dapat peningkatan ketahanan tanaman terhadap serangan pathogen[15][16], meningkatkan ketahanan akibat cekaman lingkungan[17][18][19], dan pengurangan kebutuhan akan pestisida kimia. Penggunaan agens hayati berbasis jamur endofit tidak hanya berperan sebagai bioproteksi tanaman, namun juga dapat berperan sebagai pupuk hayati, yang mendukung pertumbuhan tanaman, sehingga selain bisa mengurangi penggunaan pestisida juga penggunaan pupuk kimia yang berlebihan, sehingga mendukung pertanian berkelanjutan[20][21][22].

Jamur endofit menghasilkan alkaloid dan mikotoksin lainnya sehingga memungkinkan digunakan untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan jamur endofit dapat berperan sebagai agensia hayati, yang secara signifikan meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mengurangi kerugian hasil akibat serangan penyakit[23][24] dan hama[25][26][27] pada berbagai tanaman pertanian. Pupuk hayati endofit dapat sebagai biofertilizer[28][29], sehingga mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia[21][22].

Penggunaan jamur endofit sebagai bioproteksi tanaman lada memiliki potensi besar untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami secara lebih mendalam untuk mengoptimalkan efektivitasnya dalam mengatasi penyakit kuning akibat jamur fusarium pada tanaman lada. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jamur endofit antagonistik pada tanaman lada dan mekanisme antagonismenya terhadap *F. oxysporum* untuk mengetahui keragaman hayati jamur endofit pada tanaman lada dan mekanisme antagonismenya terhadap penyakit kuning pada

tanaman lada.]

D.2. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Tuliskan pendekatan dan strategi pemecahan masalah yang telah dirumuskan

Pendekatan pemecahan masalah dari penelitian ini melibatkan serangkaian tahapan penelitian. Identifikasi pathogen utama yang menyerang kuning pada tanaman lada akibat infeksi jamur *F. oxysporum* di Kalimantan Timur terutama pada daerah-daerah sentra perkebunan lada di Provinsi Kalimantan Timur. Hasil dari penelitian ini dapat melaporkan kejadian penyakit kuning pada tanaman lada di Kalimantan Timur yang belum pernah dipublikasikan secara ilmiah.

Identifikasi dan isolasi jamur endofit lokal dari tanaman lada dan marga piper lainnya, merupakan langkah penting yang harus dilakukan untuk mendapatkan jamur endofit potensial sebagai agens hayati pada tanaman lada. Pengujian keragaman jamur endofit secara komprehensif, tidak hanya secara makroskopis dan mikroskopis, namun juga identifikasi genom jamur secara molekular menggunakan DNA barcoding, masih sangat terbatas. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menggambarkan secara lengkap keragaman jamur endofit lokal asal Kalimantan Timur yang potensial sebagai agens hayati untuk meningkatkan ketahanan tanaman lada terhadap penyakit busuk kuning.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah menguji efektivitas jamur endofit untuk meningkatkan ketahanan tanaman lada dengan mengurangi tingkat serangan penyakit dan meningkatkan produktivitas tanaman. Pada tahun pertama yang diusulkan ini, pengujian efektifitas jamur endofit dilakukan secara in vitro, yang validasinya secara in vivo akan diusulkan untuk dilaksanakan pada tahun ke-2 dari penelitian ini. Uji in vitro efektifitas jamur endofit ini dapat menggambarkan pemahaman tentang mekanisme kerja jamur endofit. Penelitian ini akan memberikan informasi yang komprehensif mengenai mekanisme jamur endofit berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman lada terhadap serangan *F. oxysporum*, yang dapat mendukung penerapan pertanian berkelanjutan dan mendukung ketahanan pangan.]

D.3. STATE OF THE ART DAN KEBARUAN

Tuliskan keunggulan dari pemecahan masalah yang ditawarkan pengusul dibandingkan dengan penelitian pengusul sebelumnya atau peneliti lainnya dalam konteks permasalahan yang sama, serta kebaruan usulan dari aspek pendekatan, metode, dsb

Penelitian mengenai identifikasi jamur endofit telah banyak dilaporkan sebelumnya[2][30]. Namun publikasi terhadap keragaman jamur endofit lokal Kalimantan Timur yang terdapat pada lada dan marga piper lainnya yang memiliki efek antagonis terhadap *F. oxysporum* penyebab penyakit kuning pada tanaman lada belum pernah dilaporkan. Selain itu, identifikasi jamur endophyt dari tanaman lada dan marga piper lainnya secara komprehensif menggunakan penanda molekuler DNA barcoding belum banyak dilakukan, apalagi terhadap isolat jamur endofit yang berasal dari Indonesia, dan Kalimantan Timur khususnya.

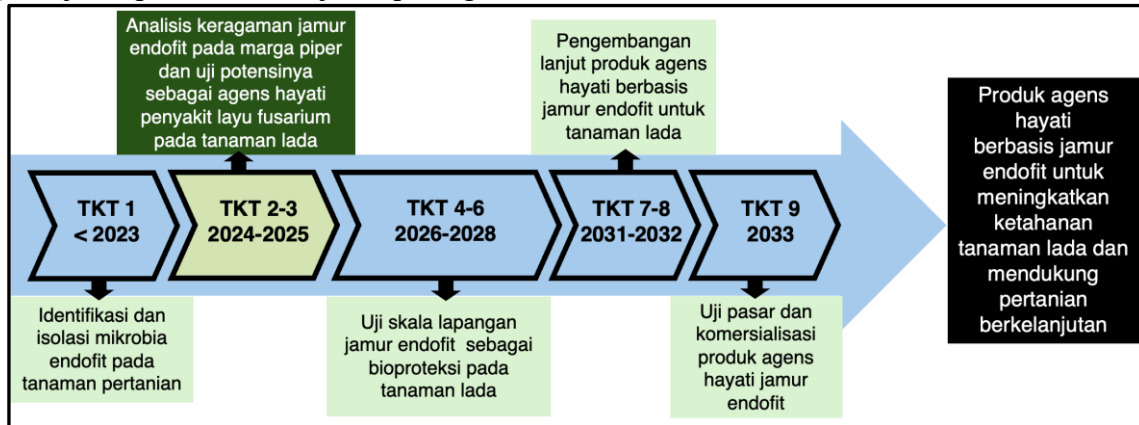
Dalam penelitian ini uji efektifitas jamur endofit tidak hanya dilakukan secara in vitro namun juga akan dilakukan secara in vivo, serta dilakukan isolasi senyawa metabolit sekunde yang dihasilkan oleh cendawan endofit (pada tahun kedua). Seluruh tahapan ini mengarah terhadap penemuan formula agens hayati berbasis jamur endofit untuk meningkatkan ketahanan tanaman lada terhadap serangan hama dan penyakit. Formula agensia hayati berbasis jamur endofit sebagai bioproteksi tanaman lada masih belum banyak dilakukan. Berdasarkan penelusuran penulis dalam situs DJKI belum dilaporkan. Oleh karena, melalui kajian yang mendalam, diharapkan penelitian ini dapat mendukung pengembangan produk berbasis jamur endofit yang dapat menekan penggunaan pestisida

sintetik dan pupuk kimia demi terwujudnya pertanian yang berkelanjutan.]

D.4. PETA JALAN PENELITIAN

Tuliskan peta jalan penelitian dari tahapan yang telah dicapai, tahapan yang akan dilakukan selama jangka waktu penelitian, dan tahapan yang direncanakan.

[Peta jalan penelitian disajikan pada gambar berikut:



E. METODE

Isian metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan tidak lebih dari 1000 kata. Pada bagian metoda wajib dilengkapi dengan:

- *Diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG.*
- *Metode penelitian harus memuat, sekurang-kurangnya proses, luaran, indikator capaian yang ditargetkan, serta anggota tim/mitra yang bertanggung jawab pada setiap tahapan penelitian.*
- *Metode penelitian harus sejalan dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB)*

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode umum yang dikembangkan oleh Laboratorium Hama dan Penyakit Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Tahapan penelitian yang diusulkan pada tahun pertama, adalah sebagai berikut.

A. Pengamatan tanaman lada yang terserang penyakit kuning

Lokasi penelitian adalah perkebunan lada yang terdapat di Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara. Kebun tanaman lada yang dijadikan sampel dalam penelitian ini adalah tanaman yang berumur 2-3 tahun, dan ada tanaman lada yang terserang penyakit kuning di dalamnya. Sebanyak tiga (3) perkebunan lada yang berbeda diamati dalam penelitian ini.

B. Isolasi jamur *Fusarium* pada sampel tanah dari perkebunan tanaman lada yang terserang penyakit kuning

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lokasi penelitian tanaman lada yang terserang penyakit kuning akibat jamur *Fusarium*. Isolasi *Fusarium* sp. dilakukan pada lima titik pengambilan sampel di setiap lokasi penelitian. Sampel kemudian dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam kantong plastik untuk dianalisis laboratorium. Isolasi jamur *Fusarium* dari tanah dilakukan menggunakan teknik pengenceran serial.

C. Isolasi jamur *Fusarium* dari tanaman lada yang sakit

Isolasi jamur *Fusarium* sp. dari akar tanaman lada yang sakit. Setelah bagian tanaman disterilkan, bagian tengah akar berukuran 1 cm ditanam pada media PDA dalam cawan

petri dengan tiga ulangan dan diinkubasi pada suhu kamar selama 3 hari.

D. Pemurnian isolat fusarium

Koloni jamur yang tumbuh dari akar tanaman lada dimurnikan dengan memindahkan koloni jamur ke media PDA baru yang steril sampai *Fusarium* sp. isolat diperoleh dan diduga sebagai penyebabnya penyakit kuning pada tanaman lada.

E. Pengamatan jamur fusarium secara mikroskopik

Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan mengamati isolat *Fusarium* termasuk hifa struktur dan bentuk serta ukuran makrokonidia, mikrokonidia, kladospora, dan konidiofor menggunakan mikroskop. Karakterisasi *Fusarium* spp. mengacu pada buku identifikasi *The Fusarium Laboratory Manual* (Leslie & Summerell, 2006).

F. Pemilihan media terbaik untuk jamur endofit

Pemilihan media terbaik untuk pertumbuhan jamur endofit dilakukan menggunakan jamur endofit yang didapatkan dari tanaman lada yang sehat. Isolat jamur endofit dari tanaman lada (*Piper nigrum* L.) dilakukan dengan metode tanam langsung di dalam laminar air flow cabinet (LAFC). Media yang dicobakan sebagai berikut

1. Potato Dekstrose Agar (PDA)
2. PDA +yeast
3. PDA +oat meal
4. PDA +Ekstrak daun lada
5. PDA+ ekstrak vegetable 21 Jr
6. PDAC (PDA+ Cloramfenikol)
7. DA V8
8. Ekstrak sayuran
9. Ekstrak sayuran buah

Perlakuan dari beberapa media yang digunakan yang menghasilkan pertumbuhan jamur endofit yang terbaik, selanjutnya akan digunakan sebagai media untuk menumbuhkan jamur endofit dari beberapa sampel tanaman marga *Piper*.

G. Isolasi jamur endofit pada marga Piper

Isolasi jamur endofit diperoleh dari lima jenis tanaman marga *piper* yang sehat yang terdiri dari:

1. *Piper Nigrum*
2. *Piper Retrofractum*
3. *Piper Betle*
4. *Piper Cubeba*
5. *Piper Crocatum*

Isolasi jamur endofit pada marga *piper* dilakukan dengan menggunakan media yang terbaik pada pertumbuhan jamur endofit dari lada.

H. Pemurnian Jamur Endofit

Jamur endofit yang telah tumbuh, dimurnikan satu persatu. Masing-masing isolat murni jamur endofit yang diperoleh, dipindahkan ke dalam media dalam cawan Petri. Pemurnian bertujuan untuk memisahkan koloni endofit yang memiliki morfologi berbeda untuk dijadikan isolat tersendiri. Pengamatan morfologi dilakukan kembali setelah inkubasi selama 5-7 hari. Apabila masih ditemukan pertumbuhan koloni yang berbeda secara makroskopik maka akan dipisahkan kembali sampai diperoleh isolat murni.

I. Identifikasi/Karakterisasi jamur endofit

Karakterisasi isolat jamur endofit dilakukan dengan cara makroskopik dan mikroskopik. Identifikasi mikroskopis meliputi bentuk hifa, jenis hifa, warna konidia dan bentuk

konidiofor. Identifikasi makroskopis meliputi kecepatan tumbuh isolat, warna koloni, bentuk dan tekstur koloni.

J. Uji Antagonisme Jamur Endofit dengan Jamur *Fusarium spp*

Uji antagonisme dilakukan dengan cara inokulum isolat jamur *Fusarium spp* dan setiap isolat jamur endofit potensial ditumbuhkan pada jarak 4 cm di tengah medium PDA dalam cawan Petri yang berdiameter 9 cm. Inokulum jamur *Fusarium spp* berupa potongan biakan berdiameter 4 mm pada medium PDA. Pengujian dilakukan dengan 10 ulangan, kemudian biakan tersebut diinkubasikan pada suhu 25°C. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan koloni jamur *Fusarium spp* dan adanya zona hambatan di antara dua koloni jamur yang berposisi. Penghambatan pertumbuhan miselium jamur *Fusarium spp* oleh jamur endofit dihitung berdasarkan rumus yang diadaptasikan dari rumus Fokkema (1973 dalam Skidmore, 1976) yaitu:

$$I = \frac{(r_1 + r_2)}{r_1} \times 100\%$$

I = persentase hambatan, r₁ = jari-jari koloni jamur *Fusarium spp* yang tumbuh ke arah berlawanan dengan tempat jamur endofit, dan r₂ = jari-jari koloni jamur *F. Fusarium spp* yang tumbuh ke arah jamur endofit.

Untuk antagonisme antara jamur *Fusarium spp* dengan jamur endofit yang mengeluarkan senyawa antibiotik, selain mengukur jari-jari koloni, diukur pula jarak zona hambatan (d) yaitu zona ujung koloni endofit dengan ujung koloni jamur *Fusarium spp*. Perhitungan persentase hambatan dilakukan pada data hasil pengukuran jari-jari koloni jamur *Fusarium spp* pada hari ketiga setelah inokulasi jamur endofit.

K. Karakterisasi cendawan endofit terseleksi secara molekuler

1. Ekstraksi dan amplifikasi DNA Jamur Endofit

Isolat miselia jamur endofit diekstraksi menggunakan DNA kit DNesay dari Qiagen sesuai dengan protokol dari perusahaan (Qiagen Co., Valencia, CA, USA). DNA hasil ekstraksi diamplifikasi menggunakan primer ITS1 dan ITS4. Amplifikasi diawali dengan pembuatan PCR mix yang terdiri dari hotstar mix PCR (Qiagen), Primer ITS 1 dan ITS 4, DNA sampel dan ddH₂O. Proses amplifikasi dilakukan pada kondisi: denaturasi awal 94 °C 5 menit; 30 siklus denaturasi 94 °C 30 detik, annealing 50 °C 30 detik, extension 72 °C 1 menit; dan extension akhir pada 72 °C selama 5 menit.

2. Electroforesis Hasil Amplifikasi DNA

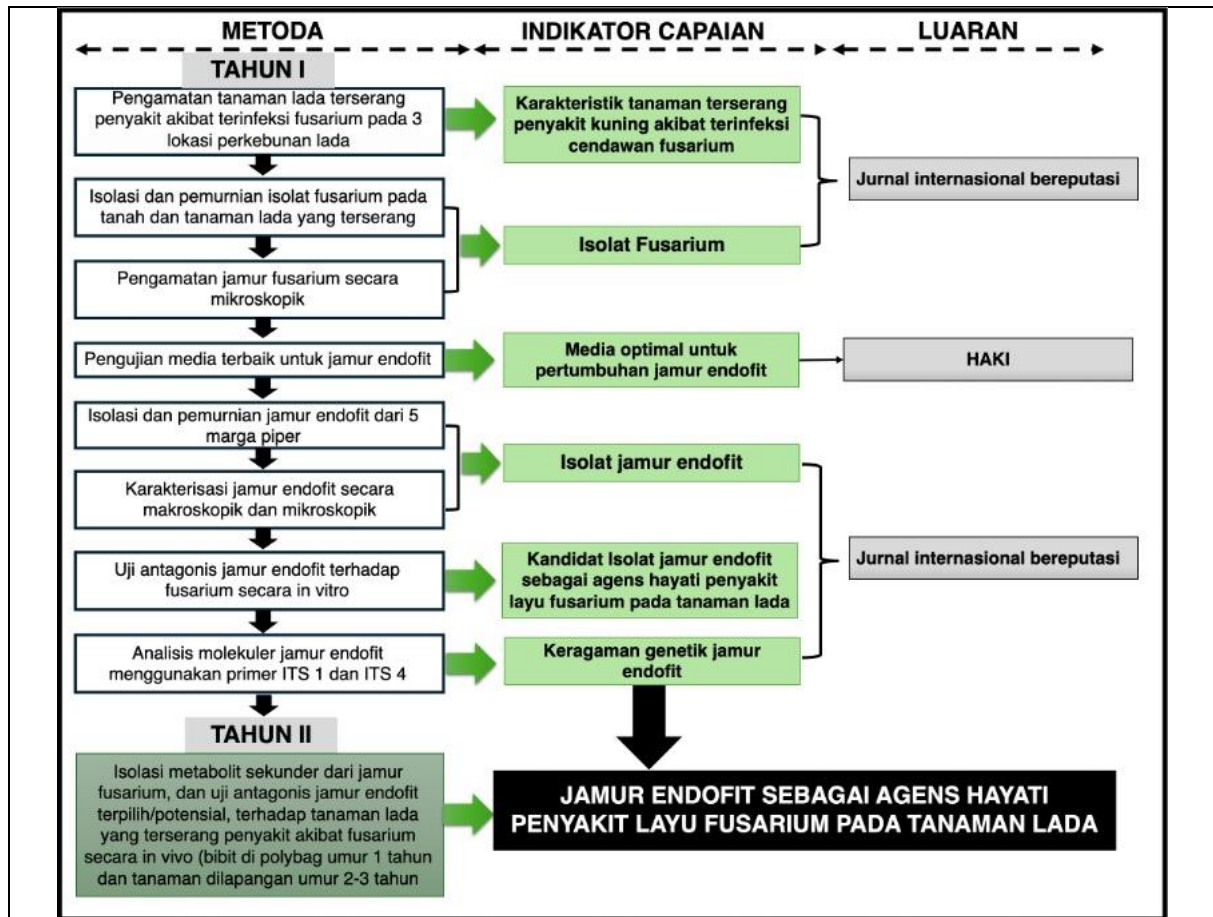
Pemisahan produk amplifikasi DNA dilakukan menggunakan agarose 2% dan buffer TAE 1x. Hasil elektroforesis diletakkan di atas geldoc dan divisualisasi menggunakan UV transluminator dan didokumentasikan.

3. DNA sequencing dan analisis hasil sequencing

Hasil amplifikasi DNA isolat jamur endofit di sequencing Laboratorium Bioneer, Korea Selatan. *Pairwise alignment* hasil sequencing dilakukan menggunakan *software* BioEdit. Sekuens konsensus isolat jamur endofit dibandingkan dengan sekuens yang terdapat pada database isolat jamur endofit lain yang terdapat di Genbank menggunakan Basic Local Alignment Search Tool (BLAST).

Pada tahun kedua, tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah isolasi metabolit sekunder dari jamur fusarium, dan uji antagonis jamur endofit terpilih/potensial, terhadap tanaman lada yang terserang penyakit akibat fusarium secara in vivo (bibit di polybag umur 1 tahun dan tanaman dilapangan umur 2-3 tahun).

Bagan alir penelitian disajikan pada gambar berikut:



Pembagian peran dalam penelitian ini adalah:

NIDN/NIM	Nama	Peran	Tugas
0009106303	Sopialena	Ketua Peneliti	Mendesain penelitian; membimbing, mengarahkan dan mengevaluasi pelaksanaan penelitian; mengarahkan dan mengevaluasi pengambilan dan analisis data; membimbing, mengarahkan dan menyunting pembuatan laporan dan publikasi hasil penelitian
0016085906	Suyadi	Anggota Peneliti	Membantu dalam mendesain penelitian; membantu mengarahkan dan mengevaluasi pelaksanaan penelitian; membantu proses analisis data; membantu dalam pembuatan laporan dan publikasi hasil penelitian.
0027107503	Nurhasanah	Anggota Peneliti	Membantu dalam mendesain penelitian; membantu mengarahkan dan mengevaluasi pelaksanaan penelitian; membantu proses analisis data; membantu dalam pembuatan laporan dan publikasi hasil penelitian.
2203019004	Sofian	Mahasiswa	Membantu dalam pembuatan proposal penelitian; melaksanakan penelitian (pengamatan tanaman lada terserang penyakit akibat terinfeksi fusarium, Isolasi, pemurnian, dan pengamatan jamur fusarium, Pengujian media terbaik untuk jamur endofit, isolasi dan pemurnian jamur endofit, karakterisasi jamur endofit secara makroskopik dan mikroskopik, uji antagonis jamur endofit terhadap fusarium secara in vitro, analisis molekuler jamur endofit menggunakan primer ITS 1 dan ITS 4; analisis data penelitian; membuat draft laporan dan publikasi penelitian.

F. JADWAL PENELITIAN

Jadwal penelitian disusun berdasarkan pelaksanaan penelitian, harap disesuaikan berdasarkan lama tahun pelaksanaan penelitian

[Tahun ke-1 (2024)]

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengamatan tanaman lada terserang penyakit akibat terinfeksi fusarium pada 3 lokasi perkebunan lada					V							
2	Isolasi fusarium pada tanah dan tanaman lada yang terserang						V						
3	Pemurnian isolat fusarium						V						
4	Pengamatan jamur fusarium secara mikroskopik						V						
5	Pengujian media terbaik untuk							V					

	jamur endofit												
6	Isolasi jamur endofit dari 5 marga piper							V					
7	Pemurnian jamur endofit							V	V				
8	Karakterisasi jamur endofit secara makroskopik dan mikroskopik								V	V			
9	Uji antagonis jamur endofit terhadap fusarium secara in vitro									V	V		
10	Analisis molekuler jamur endofit menggunakan primer ITS 1 dan ITS 4										V		
11	Publikasi penelitian									V	V	V	V
12	Laporan penelitian											V	

Tahun ke-2 (2025)

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Isolasi metabolit sekunder dari jamur fusarium					V	V						
2	Pemeliharaan bibit tanaman lada di polybag (bibit yang sudah berumur 1 tahun)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
3	Infeksi tanaman lada dengan fusarium							V	V	V			
4	Uji antagonis jamur endofit terpilih/potensial terhadap tanaman lada di polybag yang terserang penyakit akibat fusarium secara in vivo.								V	V	V		
5	Uji antagonis jamur endofit terpilih/potensial terhadap tanaman lada yang terserang penyakit akibat fusarium di lapangan	V	V	V	V	V	V	V	V				
6	Publikasi penelitian									V	V	V	V
7	Laporan penelitian											V	

G. DAFTAR PUSTAKA

Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. [Ropalia, Apriyadi R, Saputra HM. 2022. Penyakit Utama Tanaman Lada di Kabupaten Bangka Selatan. Agrosainstek, 6 (1) 2022:53-60. <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v6i1.217>
2. Munif, A., & Sulistiawati, I. (2014). Pengelolaan Penyakit Kuning pada Tanaman Lada oleh Petani di Wilayah Bangka. Jurnal Fitopatologi Indonesia, 10(1), 8–16
3. Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kabupaten Belitung. Penyakit Kuning, gejalanya, dan strategi pengendalian. 2021. <https://dinaskpp.belitung.go.id/wp-content/uploads/2021/10/penyakit-kuning-Lada.pdf>. Diakses pada 30 Februari 2024.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Antimicrobial Resistance (AMR) in relation to pesticide use in plant protection. 2020. <https://www.fao.org/3/cb0660en/CB0660EN.pdf>. Diakses pada 30 Februari 2024.
5. Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B. et al. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. SN Appl. Sci. 1, 1446 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
6. Tudi M, Daniel Ruan H, Wang L, Lyu J, Sadler R, Connell D, Chu C, Phung DT. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment.

7. Neha Dhankhar, Jagdeep Kumar, Impact of increasing pesticides and fertilizers on human health: A review, Materials Today: Proceedings, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.766>.
8. Alhaji I. Sankoh, Rebecca Whittle, Kirk T. Semple, Kevin C. Jones, Andrew J. Sweetman, An assessment of the impacts of pesticide use on the environment and health of rice farmers in Sierra Leone, Environment International, 2016; 94: 458-466. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.05.034>
9. Pingali, Prabhu & Roger, Pierre. (1995). Impact of Pesticides on Farmer Health and the Rice Environment. <http://10.1007/978-94-011-0647-4>.
10. Damalas CA, Eleftherohorinos IG. Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. Int J Environ Res Public Health. 2011 May;8(5):1402-19. doi: 10.3390/ijerph8051402.
11. Magdalena Jastrzębska, Marta Kostrzewska, Agnieszka Saeid, Chapter 2 - Sustainable agriculture: A challenge for the future, Editor(s): Katarzyna Chojnacka, Agnieszka Saeid, Smart Agrochemicals for Sustainable Agriculture, Academic Press, 2022, 29-56. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817036-6.00002-9>.
12. Dwibedi, V., Rath, S.K., Joshi, M. et al. Microbial endophytes: application towards sustainable agriculture and food security. Appl Microbiol Biotechnol 106, 5359–5384 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00253-022-12078-8>
13. Jain, P., Pundir, R.K. (2017). Potential Role of Endophytes in Sustainable Agriculture-Recent Developments and Future Prospects. In: Maheshwari, D. (eds) Endophytes: Biology and Biotechnology. Sustainable Development and Biodiversity, vol 15. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66541-2_7
14. Wen J, Okyere SK, Wang S, Wang J, Xie L, Ran Y, Hu Y. Endophytic Fungi: An Effective Alternative Source of Plant-Derived Bioactive Compounds for Pharmacological Studies. J Fungi (Basel). 2022 Feb 20;8(2):205. doi: 10.3390/jof8020205
15. Deshmukh S.K., Gupta M.K., Prakash V., Saxena S. Endophytic fungi: A Source of Potential Antifungal Compounds. J. Fungi. 2018;4:77. doi: 10.3390/jof4030077.
16. Zheng R.H., Li S.J., Zhang X., Zhao C.Q. Biological activities of some new secondary metabolites isolated from endophytic fungi: A review study. Int. J. Mol. Sci. 2021;22:959. doi: 10.3390/ijms22020959
17. Fontana DC, de Paula S, Torres AG, de Souza VHM, Pascholati SF, Schmidt D, Dourado Neto D. Endophytic Fungi: Biological Control and Induced Resistance to Phytopathogens and Abiotic Stresses. Pathogens. 2021; 10(5):570. <https://doi.org/10.3390/pathogens10050570>
18. Mahdieh SHM, Naser S, Saleh R, Niloufar H-D. Inducing Tolerance to Abiotic Stress in Hordeum vulgare L. by Halotolerant Endophytic Fungi Associated With Salt Lake Plants. Frontiers in Microbiology, 2022; 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.906365>
19. Ganie SA, Bhat JA, Devoto A. The influence of endophytes on rice fitness under environmental stresses. Plant Mol Biol. 2022;109(4-5):447-467. <http://doi.org/10.1007/s11103-021-01219-8>
20. Omomowo OI, Babalola OO. Bacterial and Fungal Endophytes: Tiny Giants with Immense Beneficial Potential for Plant Growth and Sustainable Agricultural Productivity. Microorganisms. 2019; 7(11):481. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7110481>
21. Gupta, Garima & Panwar, Jitendra & Akhtar, Mohd Sayeed & Jha, Prabhat. (2012). Endophytic Nitrogen-Fixing Bacteria as Biofertilizer. 10.1007/978-94-007-5449-2_8.
22. Noemi Carla Baron & Everlon Cid Rigobelo (2022) Endophytic fungi: a tool for plant growth promotion and sustainable agriculture, Mycology, 13:1, 39-

23. **Sopialena**, T Subiono, AU Rosyidin, D Tantiani. (2022). Control Of Anthracnose Disease In Tomato (*Solanum Lycopersicum*) Using Endophytic Fungi. *Jurnal KnE Life Sciences*. <http://doi.10.18502/kls.v7i3.11147>.
24. **Sopialena**, Suyadi, Sofian, Devi Tantiani & AN Fauzi. (2020). Efektivitas Cendawan Endofit Sebagai Pengendali Penyakit Blast Pada Tanaman Padi (*Oryza sativa*). *Jurnal Agrifor*, 19(2). <http://doi.10.31293/af.v19i2.4813>.
25. **Sopialena**, Abdul Sahid, H Juita. (2022). Efektivitas Jamur *Metarhizium Anisoplae* Dan *Beauveria Bassiana* Bals Lokal Dan Komerisial Terhadap Hama Kutu Daun (*Aphis Craccivora* C.L. Koch) Pada Tanaman Kacang Panjang (*Vigna Sinensis* L.). *Jurnal Agrifor*, 21(1). <http://doi.10.31293/agrifor.v21i1.5939>.
26. **Sopialena**, S., Sofian, S., & Allita, L. D. (2019). Diversitas Jamur Endofit Pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) dan Potensinya Sebagai Pengendali Hama. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 2(1), 44-49. <http://doi.10.35941/JATL>.
27. **Sopialena**, A Sahid, NST Rugian. (2021). Pengendalian Hama Penting Tanaman Padi Menggunakan Jamur *Beauveria Bassiana* Bals. *Jurnal Agrifor*, 20(1). doi: 10.31293/agrifor.v20i1.4875.
28. **Sopialena**.(2021).Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan ramah lingkungan melalui pengendalian hayati. Samarinda, Mulawarman University Press. ISBN: 978-623-02-2895-7.
29. Rofiansyah, **Sopialena**, S Sila. (2017). Inventarisasi Cendawan Mikro Serta Potensinya Sebagai Biofertilizer Dan Agensia Pengendali Hayati Pada Lahan Reklamasi Tambang Batu Bara Di Samarinda. *Jurnal Agrifo*, 16(2).
30. Kusumawardani, Y., Sulistyowati, L., & Cholil, A. (2015). Potensi Antagonis Jamur Endofit Pada Tanaman Lada (*Piper Nigrum* L.) Terhadap Jamur *Phytophthora Capsici* Leionian Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 3(1), pp. 21–29. Retrieved from <https://jurnalhpt.ub.ac.id/index.php/jhpt/article/view/161>