

**EKSPLORASI BAKTERI ENDOFIT YANG BERASAL DARI PLANLET  
KELAPA KOPYOR (*Cocos nucifera L.*) SEBAGAI ANTAGONIS DAN  
PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Amylia Putri Khalena  
2154191003**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

## ABSTRAK

### **EKSPLORASI BAKTERI ENDOFIT YANG BERASAL DARI PLANLET KELAPA KOPYOR (*Cocos nucifera L.*) SEBAGAI ANTAGONIS DAN PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN**

**Oleh**

**AMYLIA PUTRI KHALENA**

Kelapa kopyor merupakan komoditas bernilai ekonomi tinggi yang dapat diperbanyak melalui teknik kultur jaringan. Namun, proses perbanyakannya sering terkendala oleh pembusukan planlet. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyebab pembusukan planlet serta mengeksplorasi potensi bakteri endofit dari planlet sehat sebagai agen antagonis dan pemacu pertumbuhan tanaman. Sampel penelitian terdiri atas 10 planlet busuk dan 3 planlet sehat. Isolat bakteri dilakukan dan dilanjutkan dengan uji karakterisasi meliputi uji Gram, *soft rot*, hipersensitif, oksidatif/fermentatif, hipovirulen, pelarut fosfat, aktivitas antagonis, serta kemampuan sebagai *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB). Dari planlet busuk diperoleh 46 isolat diperoleh dari planlet busuk, mayoritas bersifat Gram negatif dan patogenik. Sementara itu, dari planlet sehat diperoleh 14 isolat, dengan 10 isolat bersifat hipovirulen, 2 isolat mampu melarutkan fosfat, dan 4 isolat menunjukkan aktivitas antagonis terhadap patogen. Tiga isolat terpilih menunjukkan potensi terbaik dalam menghambat pertumbuhan patogen dan meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun, ditunjukkan oleh peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot tanaman dibandingkan dengan kontrol. Hasil ini menunjukkan bahwa planlet kelapa kopyor sehat mengandung bakteri endofit yang berpotensi sebagai agen hayati multifungsi, baik dalam pengendalian patogen penyebab busuk maupun sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Isolat terpilih dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan keberhasilan perbanyakkan kelapa kopyor melalui kultur jaringan.

**Kata kunci:** antagonis, bakteri endofit, kelapa kopyor, kultur jaringan, pemacu pertumbuhan tanaman.

**EKSPLORASI BAKTERI ENDOFIT YANG BERASAL DARI PLANLET  
KELAPA KOPYOR (*Cocos nucifera L.*) SEBAGAI ANTAGONIS DAN  
PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN**

**Oleh**

**AMYLIA PUTRI KHALENA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PERTANIAN**

**pada**

**Jurusan Proteksi Tanaman  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

Judul skripsi : EKSPLORASI BAKTERI ENDOFIT YANG  
BERASAL DARI PLANLET KELAPA  
KOPYOR (*Cocos nucifera L.*) SEBAGAI  
ANTAGONIS DAN PEMACU  
PERTUMBUHAN TANAMAN

Nama Mahasiswa : Amyfia Putri Khalena

Nomor Pokok Mahasiswa : 2154191003

Program Studi : Proteksi Tanaman

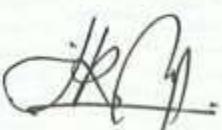
Fakultas : Pertanian

Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.  
NIP 198106212005011003

Selvi Helina, S.P., M.Sc.  
NIP 198809282024212001



2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

  
Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.  
NIP 198002082009011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.



Sekretaris

: Selvi Helina, S.P., M.Sc.

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.

2. Dekan Fakultas Pertanian



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 26 Juni 2025

#### SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **"Eksplorasi Bakteri Endofit yang Berasal dari Planlet Kelapa Kopyor (*Cocos nucifera* L.) sebagai Antagonis dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman"** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertulis dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 26 Agustus 2025  
Penulis



Amylia Putri Khalena  
2154191003

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Metro pada 8 Juni 2002. Penulis merupakan anak pertama, dari pasangan Bapak Suwanto dan Ibu Susila Dewi Yanti. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di TK IT Insan Kamil pada tahun 2008, SD IT Insan Kamil pada tahun 2014, SMPN 3 Terbanggi Besar pada tahun 2017, dan SMAN 1 Terbanggi Besar pada tahun 2020. Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung Jurusan Proteksi Tanaman melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (SMM PTN-Barat).

Penulis telah melaksanakan kegiatan Praktik Pengenalan Pertanian di Kecamatan Fajar Asri, Lampung Tengah pada tahun 2022. Penulis juga telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Serdang Kuring, Kecamatan Bahuga, Kabupaten Way Kanan 2024 dan Praktik Umum di PT. Perkebunan Nusantara 1 Unit Cinta Manis, Desa Ketiau, Kecamatan Lubuk Keliat, Kabupaten Ogan Ilir, Provinsi Sumatera Selatan pada tahun 2024. Penulis pernah aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman HIMAPROTEKTA sebagai anggota Bidang Kewirausahaan periode 2023 dan menjadi Sekretaris Bidang Kewirausahaan di HIMAPROTEKTA pada tahun 2024. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Hama Gudang dan Urban 2023, Pestisida Pertanian 2024, Teknik Pemantauan 2024 dan Bakteriologi Tumbuhan 2025.

## **PERSEMBAHAN**

*Bismillahirrahmanirrahim*

Dengan penuh rasa syukur yang tak terhingga, karya tulis ini  
kupersembahkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha  
Penyayang. Atas rahmat, hidayah, dan kekuatan-Nya lah saya mampu  
menyelesaikan skripsi ini dari awal hingga akhir.

Kepada:

Kedua orang tua tercinta, Bapak Suwanto dan Ibu Susila Dewi Yanti,  
yang selalu menjadi pilar kekuatan dan inspirasi dalam hidup Amy. Doa-  
doa tulus dan tak pernah putus yang senantiasa kalian panjatkan, kasih  
sayang yang tak berbatas, serta pengorbanan luar biasa yang kalian  
berikan yang sudah mengantarkan Amy sampai pada titik ini. Skripsi ini  
adalah wujud bakti dan cinta Amy, semoga menjadi kebanggaan bagi  
Bapak dan Ibu, serta penyejuk hati yang selalu mendoakan dan  
mendukung langkah demi langkah Amy.

Persembahan istimewa ini saya dedikasikan kepada Kakek dan Nenek  
tersayang. Terimakasih atas dukungan dan doa yang selalu terucap untuk  
kesuksesan Amy dan semua pengorbanan yang telah diberikan selama ini.

Serta  
Almamaterku tercinta, Universitas Lampung. Terimakasih banyak telah  
memberikan banyak pelajaran berharga yang saya dapatkan selama  
menempuh pendidikan ini.

## **MOTTO**

*“Sesungguhnya Bersama Kesulitan Ada Kemudahan”*  
(Q. S Al-Insyirah: 6)

*“Barang siapa bersungguh-sungguh, maka ia akan berhasil”*  
(HR. Bukhari Muslim)

*“Allah adalah sebaik-baik pelindung dan sebaik-baik penolong”*  
(Q.S Al-Anfal: 40)

*“Believe in yourself and all that you are. Know that there is something inside you that is greater than any obstacle”*  
(Christian D. Larson)

## SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur atas kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat dan limpahan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Eksplorasi Bakteri Endofit yang Berasal dari Planlet Kelapa Kopyor (*Cocos nucifera* L.) sebagai Antagonis dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman”**. Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung,
2. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung,
3. Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., selaku pembimbing utama dan pembimbing akademik yang telah banyak memberikan ilmu, bimbingan, motivasi, saran, nasihat, masukan dan arahan bagi penulis hingga skripsi ini dapat diselesaikan,
4. Selvi Helina, S.P., M.Sc., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan semangat, dukungan, masukan, serta saran yang sangat membangun selama proses penggerjaan penelitian dan penyusunan skripsi,
5. Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., sebagai dosen pembahas yang telah memberikan motivasi, nasihat, masukan, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik,
6. Kedua orang tuaku Bapak Suwanto dan Ibu Susila Dewi Yanti, Kakek, Nenek, Om Rio, Mba Fitri, Kinan yang telah menjadi motivasi, memberi doa dan semangatnya, serta selalu mendengarkan keluh kesah penulis,
7. Kepada sahabat- sahabatku Siti Azzahra Prabowo, Felix Febri Yanto Sibarani,

Yunita Sisiliawati, Zahra Eka Yolanda, Nanda Putri Azzahro, Okcaesa Darma Putri, Diah Ayu Murtiyana, Sahrul Ramadan dan Aqilah Fadliyah yang telah memberikan semangat dan motivasi, serta selalu bersama dalam setiap perjalanan penulis selama ini,

8. Tim bakteri Adila dan Fitri Antika atas bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama pelaksanaan penelitian,
9. Mba Tariyati, Mba Lionita, Mba Yeyen dan Bang Nando yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis selama penelitian dan penyelesaian skripsi,
10. Keluarga besar Proteksi Tanaman angkatan 2021,
11. Terakhir, kepada berbagai pihak yang terlibat selama penulis menjalankan penelitian dan penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi masyarakat.

Bandar Lampung, Agustus 2025  
Penulis

Amylia Putri Khalena  
NPM 2154191003

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Kerangka Pemikiran .....	3
1.4 Hipotesis .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.2 Penyakit Penting Pada Tanaman Kelapa Kopyor.....	6
2.2.1 Penyakit Busuk Pucuk (PBP) .....	6
2.2.2 Penyakit Gugur Buah (PGB) .....	7
2.2.3 Penyakit Layu Kelapa (Natuna).....	7
2.2.4 Penyakit Pendarahan Batang (Stem Bleeding) .....	8
2.2.5 Bakteri Endofit.....	8
2.2.6. Bakteri Endofit Sebagai Antagonis dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman .....	9
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	11
3.1 Waktu dan Tempat .....	11
3.2 Alat dan Bahan .....	11
3.3 Pelaksanaan Penelitian .....	11
3.4 Sampel Tanaman Kelapa Kopyor.....	12
3.4.1 Isolasi Sampel Planlet Busuk.....	12
3.4.2 Pemurnian dan Peremajaan Bakteri .....	12
3.5 Uji Biokimia .....	13

3.5.1 Uji Gram menggunakan KOH 3% .....	13
3.5.2 Uji Oksidatif/ Fermentatif (O/F).....	13
3.5.3 Uji <i>Soft Rot</i> .....	14
3.5.4 Uji Hipersensitif.....	14
3.6 Uji Bakteri Endofit .....	14
3.6.1 Uji Hipovirulen .....	15
3.6.2 Uji Pelarut Fosfat .....	16
3.6.3 Uji Kemampuan Bakteri Antagonis.....	17
3.6.4 Uji Kemampuan Bakteri sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman atau <i>Plant Growth Promoting Bacteria</i> (PGPB) .....	18
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>21</b>
4.1 Hasil Penelitian.....	21
4.1.1 Karakterisasi Bakteri dari Planlet Akar yang Busuk .....	21
4.1.2 Karakterisasi Bakteri Endofit Planlet Daun yang Sehat .....	24
4.2 Pembahasan .....	33
4.2.1 Bakteri dari Planlet Akar yang Busuk .....	33
4.2.2 Bakteri Planlet Daun Sehat .....	35
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>42</b>
5.1 Simpulan.....	42
5.2 Saran .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>50</b>

## **DAFTAR TABEL**

Tabel	halaman
1. Nilai zona hambat uji antagonis bakteri endofit .....	29
2. Hasil Uji PGPB Bakteri Endofit .....	30
3. Analisis ragam jumlah daun .....	51
4. Analisis ragam tinggi tanaman .....	51
5. Analisis ragam kehijauan daun .....	51
6. Analisis ragam panjang akar .....	52
7. Analisis ragam bobot basah akar .....	52
8. Analisis ragam bobot kering akar .....	52
9. Analisis ragam bobot basah tajuk .....	53
10. Analisis ragam bobot kering tajuk .....	53

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar	halaman
1. Skema uji pelarut fosfat isolat bakteri.....	16
2. Skema uji kemampuan antagonisme bakteri.....	17
3. Tata pengukuran dimater zona hambat.. ..	17
4. Sampel Planlet Busuk. ....	21
5. Hasil uji gram.....	22
6. Hasil uji Soft rot pada umbi kentang.....	22
7. Hasil uji hipersensitif pada tanaman tembakau.....	23
8. Hasil uji O/F.....	24
9. Hasil uji gram.....	25
10. Hasil uji Soft rot pada umbi kentang. ....	25
11. Hasil uji hipersensitif pada tanaman tembakau.....	26
12. Hasil uji O/F.....	27
13. Inokulasi suspensi bakteri pada hipokotil tanaman uji. ....	27
14. Hasil Uji hipovirulen.....	28
15. Isolat bakteri.....	28
16. Hasil Uji Antagonis.....	29
17. Perbandingan tinggi tanaman hasil uji PGPB bakteri endofit.....	31
18. Perbandingan akar tanaman hasil uji PGPB bakteri endofit. ....	32

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kelapa kopyor (*Cocos nucifera* L.) merupakan salah satu tanaman tropis utama di Indonesia yang memiliki peran penting dalam kehidupan sosial, budaya, dan ekonomi masyarakat (Mutiara dkk., 2020). Komoditas ini sangat diminati, terutama di industri kuliner, karena sering digunakan sebagai bahan dasar es krim, minuman segar, dan berbagai hidangan penutup (Setiawan dkk., 2016). Kelapa kopyor sebenarnya berasal dari kelapa biasa yang mengalami kelainan genetik, sehingga menghasilkan daging buah yang lebih lunak dan lembut dibandingkan dengan kelapa pada umumnya (Tri, 2024). Harga jual kelapa kopyor dapat mencapai Rp30.000 hingga Rp60.000 per butir, jauh lebih tinggi dibandingkan harga kelapa biasa (Nurjayanti dan Awami, 2018). Potensi pendapatan yang tinggi ini menjadikan kelapa kopyor sebagai salah satu sumber penghasilan strategis bagi para petani.

Lampung Selatan merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Lampung yang dikenal sebagai daerah penghasil kelapa kopyor (Maskromo dkk., 2012). Varietas kelapa kopyor dalam merupakan varietas unggulan dari daerah ini yang tengah diteliti guna mempercepat pengembangan serta meningkatkan kualitas dan kuantitas produksinya. Salah satu alternatif untuk memperoleh bibit kelapa kopyor berkualitas tinggi (*true-to-type*) adalah melalui teknik kultur embrio secara *in vitro* (Maulida & Erfa, 2020). Namun, dalam proses perbanyakan, beberapa planlet diketahui mati dan menunjukkan gejala pembusukan. Kondisi tersebut diduga disebabkan oleh kontaminasi jamur atau bakteri. Kontaminasi bakteri umumnya ditandai dengan munculnya gejala pembusukan pada planlet (Nanlohy dkk., 2023). Meskipun demikian, hingga saat ini penyebab pasti terjadinya gejala pembusukan pada planlet kelapa kopyor masih belum diketahui.

Salah satu hal yang menarik adalah ditemukannya planlet yang justru tumbuh lebih baik dan tampak sehat di tengah sejumlah planlet lain yang menunjukkan gejala pembusukan. Fenomena ini diduga berkaitan dengan keberadaan mikroba endofit, khususnya bakteri yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan penyakit (White dkk., 2019). Bakteri endofit bersimbiosis dengan tanaman dan bahkan dapat berfungsi sebagai agen pengendali hidup. Bakteri endofit yang efektif sebagai agen pengendali hidup adalah yang mampu menghambat perkembangan patogen, merangsang respons ketahanan tanaman, serta meningkatkan pertumbuhan tanaman (*plant growth promoter*), antara lain melalui penyediaan unsur fosfat dan nitrogen (Eris dkk., 2017). Penelitian oleh Eris dkk. (2018) menemukan bahwa empat isolat bakteri endofit yang diambil dari kelapa sawit, kopyor, dan pejibaye mampu menghasilkan senyawa *volatile organic* yang menekan pertumbuhan koloni cendawan *Curvularia* sp. dengan tingkat penghambatan antara 92,27% hingga 97,21%.

Saat ini, pemanfaatan bakteri endofit dari planlet kelapa kopyor sebagai agen hidup dalam kultur jaringan masih sangat terbatas. Padahal, penggunaan mikroba indigenus yang telah beradaptasi dengan lingkungan asal tanaman diyakini lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan bahan kimia atau agen eksternal. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk mengungkap penyebab penyakit busuk pada planlet serta mengeksplorasi bakteri endofit sebagai solusi biologis dalam meningkatkan keberhasilan kultur jaringan kelapa kopyor varietas dalam di Lampung Selatan. Bakteri yang berhasil diisolasi diharapkan dapat diaplikasikan ke dalam media kultur jaringan, sehingga mampu melindungi planlet dari serangan patogen dan meningkatkan keberhasilan hidup planlet.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui penyebab penyakit busuk pada planlet kelapa kopyor varietas dalam dari Kabupaten Lampung Selatan,
2. Mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri endofit indigenus dari planlet sehat, dan

3. Mengetahui kemampuan bakteri endofit terpilih dalam menghambat patogen penyebab busuk planlet secara *in vitro* dan dalam mendukung pertumbuhan tanaman (PGPB).

### **1.3 Kerangka Pemikiran**

Perbanyak kelapa kopyor varietas dalam secara kultur jaringan merupakan solusi modern untuk menghasilkan tanaman dalam jumlah besar dengan mutu genetik yang seragam (Basri, 2016). Namun, salah satu hambatan utama dalam teknologi ini adalah munculnya penyakit busuk planlet yang menyebabkan tingginya tingkat kematian pada tahap awal pertumbuhan. Penyebab penyakit ini belum diketahui secara pasti, sehingga mempersulit upaya pencegahan maupun pengendaliannya. Di sisi lain, sejumlah planlet yang tetap sehat dan tumbuh dengan vigor tinggi di tengah lingkungan yang sama menunjukkan kemungkinan keterlibatan faktor biologis pelindung, salah satunya adalah mikroorganisme endofit yang bersimbiosis di dalam jaringan tanaman (Hidayat dkk., 2018). Beberapa bakteri endofit dapat bertindak sebagai plant growth promoter atau pemacu pertumbuhan atau antagonis atau sebagai pemacu pertumbuhan dan antagonis (Suharjo dkk., 2018).

Bakteri endofit diketahui dapat memberikan berbagai manfaat, mulai dari sebagai starter atau dekomposer dan memiliki kemampuan sebagai agen antagonistik, pelarut fosfat, serta pemacu pertumbuhan yang nantinya dapat dimanfaatkan sebagai agen hidup dan biofertilizer (Dermiyati dkk., 2023). Keunggulan lainnya adalah kemampuannya dalam mensintesis fitohormon terutama IAA dan ACC deaminase, memfiksasi nitrogen, meningkatkan ketersediaan hara P dan hara lainnya serta siderofor (Rahni, 2012). Berdasarkan studi sebelumnya menunjukkan bahwa bakteri endofit indigenus dari tanaman tropis memiliki potensi tinggi sebagai agen hidup multifungsi (Morales-Cedeno dkk., 2021). Namun, hingga saat ini belum banyak laporan yang secara khusus mengeksplorasi peran bakteri endofit dari planlet kelapa kopyor, terutama varietas dalam dari Lampung Selatan, dalam mengatasi penyakit busuk planlet dan memacu pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini berupaya mengidentifikasi dan mengkarakterisasi bakteri endofit indigenus dari planlet kelapa kopyor sehat yang berpotensi sebagai antagonis terhadap patogen penyebab busuk serta sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Diharapkan, isolat bakteri terpilih nantinya dapat dimasukkan ke dalam media kultur jaringan atau diaplikasikan saat fase aklimatisasi untuk meningkatkan keberhasilan perbanyakan dan kualitas tanaman.

#### **1.4 Hipotesis**

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Planlet kelapa kopyor varietas dalam yang mengalami gejala busuk disebabkan oleh patogen bakteri tertentu yang dapat diisolasi dan diidentifikasi,
2. Planlet sehat mengandung bakteri endofit indigenus yang dapat diisolasi dan diidentifikasi yang memiliki kemampuan antagonisme terhadap patogen penyebab busuk planlet, dan
3. Bakteri endofit memiliki kemampuan antagonistik terhadap patogen penyebab busuk planlet dan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (PGPB).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kelapa Kopyor

Kelapa dikenal sebagai tanaman yang tumbuh di daerah tropis, terutama di wilayah pesisir. Tanaman dengan kenampakan fisik berupa pohon berbatang lurus digolongkan sebagai tanaman perkebunan. Setiap bagian dari pohon kelapa dapat dimanfaatkan bagi kepentingan manusia, sehingga tanaman ini sering disebut sebagai pohon kehidupan. Kelapa kopyor adalah tanaman kelapa mengalami penyimpangan genetik atau mutasi. Perubahan genetik yang diduga terjadi karena mutasi alamiah ini terekspresi pada pembentukan daging buahnya. Secara visual karakteristik tanaman, baik daun, batang, bunga maupun buah tampak dari luar tidak berbeda dengan tanaman kelapa normal (Maulida dan Erfa, 2020). Tata nama atau sistematika (taksonomi) tanaman kelapa (*Cocos nucifera* L.) dimasukkan ke dalam klasifikasi sebagai berikut (Antu dkk., 2020).

Kingdom : Plantae  
Divisio : Spermatophyta  
Subdivisio : Angiospermae  
Kelas : Monocotyledoneae  
Famili : Palmae  
Genus : Cocos  
Spesies : *Cocos nucifera* L.

Kelapa kopyor sangat dikenal masyarakat khususnya di daerah Jawa, Sumatera, dan Sulawesi. Kira-kira ada 100 jenis atau varietas kelapa yang terdapat di Indonesia. Hingga kini masih belum diketahui varietas kelapa apa yang paling banyak menghasilkan kelapa kopyor. Pohon kelapa yang pernah memproduksi

kelapa kopyor biasanya akan terus menghasilkan kelapa kopyor. Anehnya dalam satu batang yang sama tidak semuanya kelapa kopyor, ada yang normal juga ada yang kopyor. Terjadinya kelapa kopyor disebabkan karena adanya pertumbuhan abnormal sebagai akibat dari adanya perubahan fisiologis (Jayanti, 2022)

Keberadaan tanaman kelapa kopyor di lapang yang meliputi kelapa tipe dalam, tipe genjah dan hibrida alami menunjukkan variasi pada morfologi tanaman maupun pada karakteristik buahnya. Belum adanya standar ukuran buah dan standar kuantitas endosperma menyebabkan masih sangat beragamnya harga buah kopyor pada tingkat petani maupun pedagang pengumpul. Variasi ukuran buah kelapa kopyor diduga dipengaruhi oleh latar belakang genetik dan lingkungan tumbuh masing-masing tipe kelapa, sedangkan keragaman kuantitas endosperma pada buah kelapa kopyor belum diketahui penyebabnya. Informasi awal terkait keragaman buah dan komponen buah serta kuantitas endosperma kelapa kopyor sangat diperlukan untuk menyusun program pemuliaan perakitan varietas unggul kelapa kopyor dan kriteria penilaian buah kopyor (Maskromo dkk., 2012).

## **2.2 Penyakit Penting Pada Tanaman Kelapa Kopyor**

Pada tanaman kelapa kopyor, beberapa penyakit penting yang perlu diwaspadai adalah busuk hati dan busuk akar yang disebabkan oleh *Phytophthora* sp., serta busuk pangkal batang, daun, buah, dan bibit yang diakibatkan oleh *Thielaviopsis paradoxa*. Selain itu, bercak daun yang disebabkan oleh *Curvularia* sp. juga dapat merusak daun tanaman, sementara busuk lunak yang disebabkan oleh *Erwinia chrysanthemi* dapat menyebabkan pembusukan lunak pada bagian tanaman. Pengendalian yang efektif terhadap penyakit-penyakit ini sangat penting untuk menjaga kesehatan dan produktivitas tanaman kelapa kopyor (Hosang, 2013).

### **2.2.1 Penyakit Busuk Pucuk (PBP)**

Penyakit ini dilaporkan pertama kali pada tahun 1984 saat tanaman kelapa hybrida PB-121 mulai berproduksi. Perkembangan penyakit dilapangan sangat cepat dan dapat menyebabkan kematian tanaman. Penyebaran penyakit dapat terjadi secara

berkelompok dan terjadi pada saat tanaman mulai berproduksi atau telah dewasa. Gejala serangan PBP adalah mengeringnya daun pucuk atau daun tombak kemudian diikuti oleh daun muda yang disekelilingnya, akibatnya daun menjadi patah dan membusuk kemudian serangan mencapai titik tumbuh sehingga akhirnya tanaman mati. Tanaman yang sudah terserang PBP tidak dapat disembuhkan lagi dan lama kelamaan tanaman mati palogen penyebab penyakit PBP adalah *Phytophthora palmivora* (Supriadi dkk., 2023).

### **2.2.2 Penyakit Gugur Buah (PGB)**

Penyakit gugur buah kelapa merupakan salah satu penyakit penting pada pertanaman kelapa, yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora palmivora*. Kerusakan akibat penyakit gugur buah yaitu dengan membusuknya jaringan buah tanaman sehingga buah menjadi busuk dan gugur sebelum waktunya. Penyakit gugur buah menyerang buah kelapa mulai umur 3-4 bulan, pada serangan berat kehilangan hasil akibat penyakit dapat mencapai 50-75% (Lolong, 2011). Oleh karena tingginya potensi kerugian yang disebabkan oleh *P. palmivora* dan berdasarkan pertimbangan terhadap kualitas lingkungan, kesimbangan ekosistem, juga kesehatan manusia maka diperlukan sebuah metode pengendalian yang efektif dan efisien.

### **2.2.3 Penyakit Layu Kelapa (Natuna)**

Patogen penyebab penyakit layu kelapa adalah *Phytoplasma* gejalanya daun menjadi layu, patah secara bersama-sama dengan tandan buah dan akhirnya nampak tinggal pucuk dan mati. Gejala awal terjadi pada daun muda yaitu daun layu dan membengkak pada bagian ujung kemudian terjadi perubahan warna menjadi kusam, gejala lebih lanjut pelelah daun bagian tengah patah dan diikuti pelelah bagian bawah mengering dan menggantung disekitar pohon. Selama proses kematian buah yang belum tua gugur bersama dengan daun-daun yang kering sampai akhirnya tinggal batang. Buah dari pohon yang terserang tidak berbeda dengan buah yang sehat, baik dari warna bau , maupun ukuran serta daging buahnya (Tuti, M. 2024).

#### **2.2.4 Penyakit Pendarahan Batang (Stem Bleeding)**

Penyebab penyakit ini adalah jamur *Tliellaviosis paradoxa* (*Ceratocystis paradoxa*) merupakan patogen lemah dan infeksi terjadi jika ada luka terlebih dahulu gejala serangan adalah batang bagian luar mengeluarkan cairan berwarna merah seperti darah dan jika bagian ini dibelah akan terlihat bercak coklat kehitaman. Bercak ini akan membesar dan bila serangan berat batang tanaman akan berlubang dan bila angin kencang tanaman akan tumbang. Gejala lain yang tampak dari luar adalah pelepasan daun terkulai dan lama kelamaan menjadi kering (Tyasmoro dkk., 2021).

#### **2.2.5 Bakteri Endofit**

Bakteri endofit merupakan kelompok bakteri yang hidup dan bersiombong dengan jaringan, daun, akar, buah, dan batang tanaman inang (Zhang dkk., 2006). Bakteri endofit dan tanaman inang hidup bersimbiosis saling menguntungkan, dalam hal ini bakteri endofit mendapatkan nutrisi dari hasil metabolisme tanaman dan memproteksi tanaman melawan herbivor, serangga, atau jaringan yang patogen sedangkan tanaman mendapatkan nutrisi dan senyawa aktif yang diperlukan (Tanaka dkk., 1999 dalam Simarmata, 2007) .Telah diketahui bahwa bakteri endofit memproduksi protein dan enzim yang penting bagi fungsi biologis sebagai metabolit sekunder dan bermanfaat bagi tanaman inang (Zhang dkk., 2006). Menurut Strobel dan Daisy (2003), saat ini terdapat sekitar 300.000 spesies tanaman di dunia yang menjadi inang dari satu atau lebih bakteri endofit.

Syamarlina dan Hanafi (2006) menyatakan bahwa bakteri endofit memiliki potensi menghasilkan senyawa bioaktif yang sama dengan inangnya bergantung dari potensi yang dimiliki oleh tanaman tersebut. Menurut Strobel and Daisy (2003) terdapat hampir 300.000 spesies tanaman yang ada di bumi ini, masing-masing tanaman merupakan inang dari satu atau lebih mikroba endofit. Mikroba endofit dapat hidup di dalam jaringan tanaman pada fase tertentu dalam siklus hidupnya, dan mampu hidup dengan membentuk koloni dalam jaringan tanaman

tanpa membahayakan inangnya. Secara alami bakteri endofit hanya terdapat pada organ tanaman yang sehat dan umumnya bakteri endofit merupakan kelompok dari genus bakteri tanah, seperti *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Bacillus*, dan *Azospirillum* (Thagavi dkk., 2005).

Menurut Hungl and Annapurna (2004) mikroorganisme dikatakan sebagai endofit apabila mikroba tersebut berada dalam jaringan tanaman setidaknya satu bagian dari siklus hidupnya. Bakteri endofit memiliki sifat yang sangat unik dimana fisiologi tumbuhan yang berasal dari spesies yang sama namun tumbuh pada lingkungan yang berbeda, maka bakteri endofit yang dihasilkan akan berbeda pula sesuai dengan kondisi lingkungannya.

#### **2.2.6. Bakteri Endofit Sebagai Antagonis dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman**

Bakteri endofit mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan penyakit serta memiliki peran ganda yang signifikan dalam pertanian berkelanjutan. Kemampuan antagonisnya menjadikannya agen pengendalian hidup yang menjanjikan. Bakteri endofit tertentu menghasilkan senyawa antimikroba seperti bakteriosin, antibiotik, dan enzim litik yang mampu menghambat pertumbuhan patogen tanaman, seperti jamur, bakteri, dan nematoda. Mekanisme ini mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia, yang berdampak positif pada lingkungan dan kesehatan manusia. Selain itu, produksi metabolit sekunder oleh bakteri endofit juga berkontribusi pada peningkatan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik. Keberadaan bakteri endofit di dalam jaringan tanaman meningkatkan sistem pertahanan alami tanaman, sehingga tanaman lebih mampu bertahan terhadap serangan patogen dan kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Penelitian terus berlanjut untuk mengidentifikasi dan memanfaatkan bakteri endofit yang paling efektif sebagai agen pengendalian hidup (Asril dkk., 2023).

Keberagaman bakteri endofit yang tinggi di berbagai jenis tanaman memberikan potensi besar untuk eksplorasi lebih lanjut. Setiap spesies tanaman memiliki

komunitas endofit yang unik yang mencerminkan adaptasi mereka terhadap lingkungan spesifik. Pendekatan metagenomik telah memberikan wawasan yang berharga dalam mengidentifikasi gen-gen yang bertanggung jawab atas sifat antagonis dan pemacu pertumbuhan bakteri endofit. Informasi ini memungkinkan pengembangan strategi yang lebih terarah dalam memanfaatkan bakteri endofit untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Pengembangan formulasi bakteri endofit yang efektif dan efisien untuk aplikasi lapangan menjadi tantangan utama dalam penerapan teknologi ini secara luas. Faktor-faktor seperti viabilitas, stabilitas, dan kompatibilitas dengan formulasi lain perlu dipertimbangkan untuk memastikan keberhasilan aplikasi bakteri endofit di lapangan.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September- Mei 2025

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, timbangan digital, tabung reaksi autoklaf, bunsen, *Laminar Air Flow* (LAF), erlenmeyer, gelas ukur, *aluminium foil*, karet gelang, plastik tahan panas, plastik *wrap*, bor gabus, jarum ose, pinset, mikropipet, tip, *microwave*, tabung reaksi, kaca preparate, *cover glass*, mikroskop, penggaris, lemari pendingin, toples, plastik *zipper*, *tissue*, *rotamixer*, *hand sprayer*, spidol marker, tisu, nampan, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat bakteri, media *Yeast Pepton Agar* dan *Potato Peptone Glucose Agar*, media O/F, tanah, pasir, tanaman tembakau, kentang, agar batang, aquades, alkohol 70%, spiritus, air steril, benih mentimun, dan minyak paraffin.

#### **3.3 Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah isolasi bakteri dari planlet akar kelapa kopyor yang busuk untuk memperoleh bakteri patogen, dan dari planlet daun kelapa kopyor yang sehat untuk memperoleh bakteri endofit.

Tahap kedua merupakan pengujian untuk mengetahui karakter bakteri penyebab kebusukan pada planlet kelapa kopyor dan bakteri endofit dari planlet kelapa kopyor sehat, serta mengetahui kemampuannya sebagai pelarut fosfat, agen antagonis, dan pemacu pertumbuhan tanaman (PGPB). Pengujian tersebut meliputi uji biokimia, uji pelarut fosfat, serta uji antagonis dan PGPB.

### **3.4 Sampel Planlet Kelapa Kopyor**

Sampel tanaman kelapa kopyor diperoleh dari Dinas Perkebunan, Laboratorium Kultur Jaringan, Lampung Selatan. Sebanyak 13 sampel digunakan dalam penelitian ini, yang terdiri atas 10 sampel planlet busuk (bagian akar) dan 3 sampel planlet sehat (bagian daun).

#### **3.4.1 Isolasi Sampel Planlet**

Isolasi bakteri dilakukan dari dua jenis sampel tanaman kelapa kopyor, yaitu bagian akar dari planlet yang busuk dan bagian daun dari planlet yang sehat, dengan prosedur yang sama. Sampel planlet busuk dan planlet sehat dibersihkan menggunakan alkohol 70%, kemudian diambil bagian sampel planlet busuk bagian akar dan sampel planlet sehat bagian daun dengan ukuran ( $\pm 5$  mm).

Potongan masing-masing sampel kemudian dimasukkan ke dalam tube berisi air steril sebanyak 1 mL. Sampel-sampel tersebut selanjutnya dihancurkan menggunakan pinset dan selama 10 menit. Setelah itu, diambil satu ose suspensi dan digoreskan pada media YPA dengan metode 3 kuadran. untuk sterilisasi permukaan.

#### **3.4.2 Pemurnian dan Peremajaan Bakteri**

Koloni tunggal bakteri yang tumbuh dari hasil isolasi dimurnikan dengan cara diambil satu koloni dan digoreskan pada cawan berisi media YPA. Hasil pemurnian bakteri patogen dan endofit kemudian diremajakan pada media dalam tabung reaksi miring dengan metode penggoresan. Isolat bakteri yang telah

digoreskan pada media PPGA diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam agar dapat digunakan untuk uji selanjutnya.

### **3.5 Uji Biokimia**

Uji biokimia dilakukan terhadap kedua jenis isolat bakteri, baik yang berasal dari planlet busuk maupun dari planlet sehat, untuk mengetahui beberapa karakteristik masing-masing isolat tersebut.

#### **3.5.1 Uji Gram menggunakan KOH 3%**

Uji Gram dilakukan dengan cara mengambil satu ose isolat bakteri uji dan meletakkannya pada kaca preparat yang telah ditetesi satu tetes larutan KOH 3%. Setelah itu, isolat diaduk dan jarum ose diangkat secara perlahan. Jika saat pengangkatan tampak benang lendir, maka bakteri tersebut tergolong Gram Negatif. Sebaliknya, jika suspensi tampak berair dan tidak terbentuk benang lendir meskipun ose diangkat berulang, maka bakteri tergolong Gram Positif. Bakteri Gram negatif membentuk lendir saat diuji dengan KOH 3% karena dinding selnya pecah akibat larutan alkali yang tinggi. Sementara itu, bakteri Gram Positif tidak membentuk lendir karena memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal pada dinding selnya (Hardiansyah *et al.*, 2020).

#### **3.5.2 Uji Oksidatif/ Fermentatif (O/F)**

Uji O/F dilakukan dengan cara menusukkan satu ose isolat bakteri ke dalam dua tabung reaksi yang berisi media O/F. Salah satu tabung kemudian ditutup dengan 1 mL minyak parafin untuk menciptakan kondisi anaerob. Selama tujuh hari, diamati ada atau tidaknya perubahan warna pada media. Jika media O/F yang ditutup parafin berubah warna dari hijau menjadi kuning, maka bakteri mampu memanfaatkan karbohidrat dalam kondisi anaerob melalui proses fermentasi, sehingga bakteri dikategorikan bersifat fermentatif. Apabila perubahan warna menjadi kuning hanya terjadi pada media yang tidak ditutup parafin, maka bakteri hanya mampu memanfaatkan karbohidrat dalam kondisi aerob melalui proses

oksidasi dan dikategorikan bersifat oksidatif. Jika perubahan warna menjadi kuning terjadi pada kedua media, maka bakteri tersebut bersifat fermentatif (Tumbol, 2020).

### **3.5.3 Uji *Soft Rot***

Uji *soft rot* dilakukan pada umbi kentang dengan cara mengiris umbi kentang setebal  $\pm 1$  cm, kemudian mencucinya di bawah air mengalir selama 30 menit. Setelah itu, irisan umbi diletakkan di dalam cawan petri yang telah diberi tisu basah menggunakan air steril untuk menjaga kelembapan. Selanjutnya, satu ose isolat bakteri digoreskan pada bagian tengah irisan umbi kentang. Bakteri yang bersifat *soft rot* ditandai dengan terjadinya pembusukan pada bagian tengah umbi kentang tempat bakteri digoreskan. Bakteri yang bersifat *soft rot* merupakan kelompok bakteri patogenik yang menyebabkan gejala busuk lunak pada tanaman (Oviana *et al.*, 2015).

### **3.5.4 Uji Hipersensitif**

Uji hipersensitif dilakukan dengan cara menginfiltasikan suspensi biakan murni bakteri sebanyak 200–300  $\mu\text{L}$  pada permukaan bawah daun tembakau berumur satu bulan. Suspensi bakteri diambil menggunakan jarum suntik steril yang telah dilepas bagian jarumnya. Pengamatan dilakukan selama 24–48 jam. Reaksi positif, yang menunjukkan bahwa bakteri bersifat patogenik, ditandai dengan munculnya bercak nekrosis pada bagian daun yang diinokulasikan. Sebaliknya, reaksi negatif ditunjukkan jika warna daun tetap hijau (Oktafiyanto dan Rangkuti, 2022).

## **3.6 Uji Bakteri Endofit**

Bakteri endofit yang telah diperoleh dan diuji secara biokimia kemudian diuji lebih lanjut melalui beberapa pengujian lanjutan.

### 3.6.1 Uji Hipovirulen

Uji hipovirulen dilakukan dengan menggunakan benih mentimun yang telah direndam di air hangat selama 30 menit untuk mempercepat pertumbuhan benih, lalu direndam dengan alcohol selama 15 menit dan direndam dengan klorok selama 30 detik agar benih steril dan tidak terjadi kontaminasi dari luar. Setelah itu, benih dicuci sebanyak 3 kali menggunakan aquades, lalu dikecambahkan pada nampan yang berisi kertas merang lembab. Nampan ditutup dengan plastic wrap dan ditunggu selama 1 hari agar benih berkecambah. Setelah berkecambah benih dipindahkan ke dalam media WA dan diinkubasi selama 1 hari (Tampubolon, 2021).

Kemudian, dibuat suspensi biakan murni bakteri dengan cara satu ose isolat bakteri dicampurkan dengan 1 ml air steril, lalu dimasukkan ke dalam *eppendorf* dan dihomogenkan. Suspensi biakan murni bakteri diletakkan pada bagian hipokotil sebanyak 10  $\mu$ l. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 14 hari dan dilihat pertumbuhan serta perkembangan gejala penyakit pada hipokotil. Kemudian dihitung indeks keparahan penyakit (DSI) menggunakan rumus (Worosuryani dkk., 2006):

$$DSI = \frac{\sum N}{Z}$$

Keterangan:

DSI : *Disease Severity Index* (Index Keparahan Penyakit),

N : Nilai tingkat keparahan penyakit pada masing-masing individu, dan

Z : Jumlah individu yang diamati.

Nilai tingkat keparahan penyakit (N):

0 : sehat, tidak ada infeksi pada hipokotil,

1 : satu atau bercak coklat muda berukuran  $\leq 0,25$  cm,

2 : bercak coklat terang (ukuran 0,25-0,5 cm) luas daerah basah pada kecambah  $\leq 10\%$ ,

3 : bercak coklat terang sampai gelap (ukuran 0,25-0,5 cm) luas daerah basah pada kecambah  $\leq 10\%- 100\%$ , dan

4 : bercak hitam pada hipokotil, daun layu dan bibit mati.

Apabila gejala yang timbul pada kecambah hanya sedikit ( $DSI \leq 2,0$ ) maka isolate tersebut termasuk sebagai isolat yang hipovirulen.

### 3.6.2 Uji Pelarut Fosfat

Uji pelarut fosfat bagian bawah cawan petri yang berisi media pikovskaya diberi garis menjadi 4 bagian. Setiap bagian diinokulasikan isolat bakteri menggunakan jarum ose lalu digoreskan. Pengamatan pertumbuhan zona benih dilakukan setiap hari selama 7 hari. Pengamatan dilakukan menggunakan plastik transparan dengan cara menggambar zona bening yang terbentuk di sekitar koloni bakteri dengan spidol dan dihitung luas zona bening menggunakan kertas milimeterblock. Nilai indeks pelarut fosfat diklasifikasikan menjadi 4 kategori yaitu tinggi ( $>3$ ), sedang (2-3), rendah (1-2) dan sangat rendah (0-1) (Tampubolon, 2021).

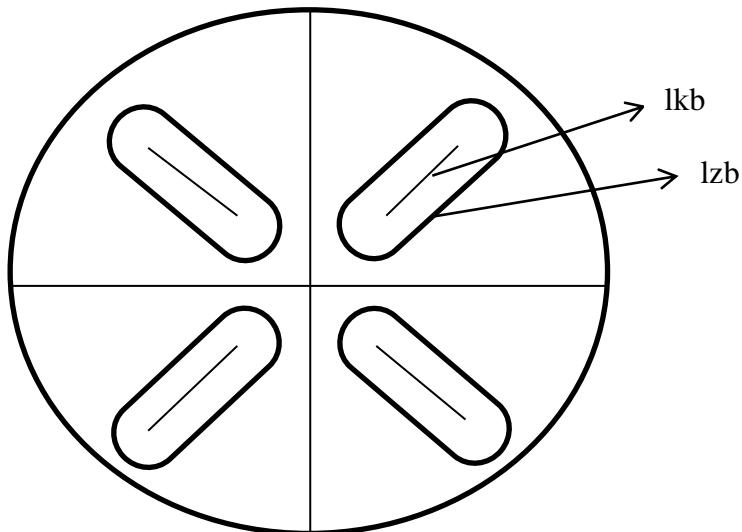
Nilai indeks pelarut fosfat dihitung dengan rumus menurut Widawati (2015)

$$\text{Indeks Pelarut Fosfat} = \frac{lkb + lzb}{lkb}$$

Keterangan:

$lkb$  = Luas koloni bakteri

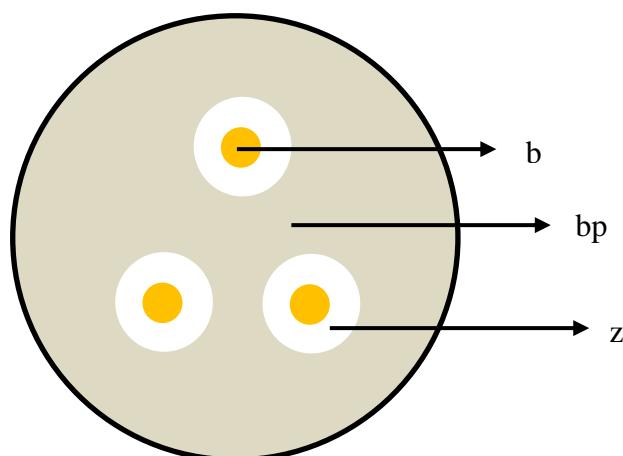
$lzb$  = Luas zona bening



Gambar 1. Skema uji pelarut fosfat isolat bakteri: (a) luas koloni bakteri ( $lkb$ ) dan (b) luas zona bening ( $lzb$ ).

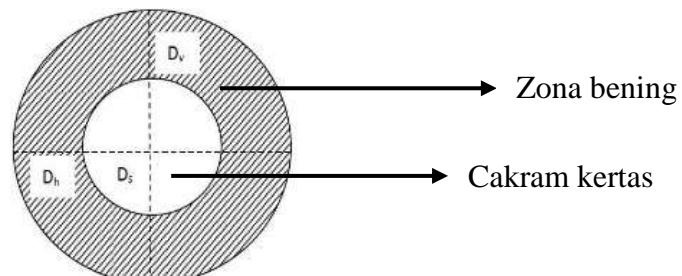
### 3.6.3 Uji Kemampuan Bakteri Antagonis

Metode difusi cakram kertas digunakan dalam penelitian ini untuk menguji aktivitas antagonis isolat bakteri endofit terhadap bakteri patogen. Uji dilakukan dengan menggoreskan suspensi bakteri patogen secara merata pada permukaan media YPA menggunakan *cotton bud* steril. Setelah itu, cakram kertas steril yang telah dicelupkan ke dalam suspensi bakteri endofit diletakkan di atas permukaan media yang telah diinokulasi dengan bakteri patogen. Seluruh media kemudian diinkubasi pada suhu 28°C selama 48 jam.



Gambar 2. Skema uji kemampuan antagonisme bakteri: bakteri endofit (b), bakteri patogen (bp), dan zona hambat (zh).

Setelah inkubasi, kemampuan antagonisme isolat bakteri endofit diamati melalui terbentuknya zona hambat di sekitar cakram kertas (Gambar 2). Zona hambat diukur dengan menggunakan penggaris dalam satuan milimeter (mm), yaitu dengan mengukur diameter lingkaran bening yang terbentuk di sekitar cakram (Gambar 3). Semakin besar diameter zona hambat yang terbentuk, maka semakin kuat aktivitas antagonistik isolat bakteri endofit terhadap bakteri patogen.



Gambar 3. Tata pengukuran diameter zona hambat. Dv: diameter vertikal, Dh: diameter horizontal dan Ds: diameter cakram kertas (Kipimbob *et al.*, 2019).

Perhitungan diameter zona hambat menurut, Kipimbob dkk. (2019), dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Zona hambat} = \frac{(D_v - D_s) + (D_h - D_s)}{2}$$

### **3.6.4 Uji Kemampuan Bakteri sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman atau *Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB)***

Pengujian kemampuan Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) dilakukan di rumah plastik Bataranila, Hajimena, dengan menggunakan tanaman mentimun sebagai tanaman indikator. Pelaksanaan uji diawali dengan meremajakan isolat bakteri pada media *Potato Peptone Glucose Agar* (PPGA) dalam tabung reaksi lalu dicampurkan dengan media *Yeast Pepton Broth* (YPB) kemudian diinkubasi selama dua hari sebelum digunakan dalam uji *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB). Pengujian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan berupa isolat bakteri endofit yang tidak menunjukkan reaksi hipersensitif maupun gejala soft rot, serta satu perlakuan kontrol. Setiap perlakuan diulang sebanyak lima kali.

#### **3.6.4.1 Persiapan Media Tanam dan Suspensi Bakteri**

Media tanam yang digunakan untuk pengujian PGPB merupakan campuran pasir dan kompos dengan perbandingan 1:1 (v:v) sebanyak 500 gram. Media tanam kemudian disterilisasi menggunakan autoclave tanah selama 3 jam. Setelah disterilisasi, media yang sudah dalam keadaan dingin dimasukkan ke dalam polibag ukuran 0,5 kg. Isolat bakteri yang sudah diperbanyak pada media PPGA dipanen dengan menambahkan 10 mL aquades kemudian dihomogenkan dalam tabung reaksi dan dimasukan ke dalam erlenmeyer berisi 290 mL aquades kemudian dihomogenkan sebagai suspensi bakteri (bakteri harus berumur satu hari sebelum dipanen). Selanjutnya, suspensi bakteri tersebut diambil sebanyak 20 mL untuk disiram di permukaan tanah dan diinkubasi selama 2 hari sebelum ditanam kecambah mentimun.

#### **3.6.4.2 Penyemaian Benih**

Benih mentimun direndam dengan air hangat ( $\pm 45^\circ \text{ C}$ ) selama 30 menit. Perendaman tersebut bertujuan untuk mempercepat proses perkecambahan benih. Setelah itu, benih mentimun didesinfeksi dengan cara direndam dengan alkohol 70% selama 1 menit, kemudian direndam kembali dalam larutan sodium hypochlorite 2% selama 30 detik, untuk mencegah terjadinya kontaminasi. Kemudian, benih dicuci dengan air steril sebanyak tiga kali untuk membersihkan sisa larutan desinfektan, lalu benih disemai dalam nampan yang telah dilapisi kertas merang lembab dan diinkubasi selama 2 hari hingga berkecambah.

#### **3.6.4.3 Pindah Tanam dan Pemeliharaan**

Benih mentimun yang sudah berkecambah kemudian ditanam dalam satu polibag sebanyak dua kecambah. Setelah berumur 5 hari setelah tanam (hst) dipilih salah satu tanaman yang lebih baik, kemudian satu tanaman lainnya dicabut sehingga dalam satu polibag hanya ada satu tanaman mentimun. Pemeliharaan dilakukan dengan melakukan penyiraman tanaman mentimun selama 1 hingga 21 hst. Penyiraman tanaman mentimun dilakukan pada sore hari.

#### **3.6.4.4 Pengamatan**

Pengamatan dilakukan selama 21 hari dengan parameter pengamatan meliputi (Worosuryani dkk., 2006):

##### **1. Tinggi tanaman**

Tinggi tanaman diukur setiap 2 hari sekali selama 21 hari. Tanaman diukur menggunakan meteran dengan cara mengukur dari pangkal tanaman sampai pada daun yang paling tinggi (monokotil).

##### **2. Jumlah daun**

Jumlah daun dihitung setiap 2 hari sekali selama 21 hari. Daun yang dihitung meliputi daun yang sudah membuka dan lengkap bagian-bagiannya.

### 3. Kehijauan daun

Kehijauan daun diukur menggunakan chlorophyl meter pada hari terakhir pengamatan. Pengukuran kehijauan daun dilakukan pada bagian daun bawah, tengah, dan atas. Pengukuran kehijauan daun dilakukan dengan cara meletakkan daun pada sensor dan dijepit. Nilai kehijauan daun yang diperoleh selanjutnya dirata-ratakan untuk setiap tanaman sampel.

### 4. Panjang akar

Pengukuran panjang akar dilakukan pada saat tanaman telah dipanen yaitu pada hari ke-21. Pengukuran dilakukan setelah akar tanaman dibersihkan dan dipisahkan dengan batang tanaman. Panjang akar diukur dengan menggunakan meteran. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur akar dari pangkal hingga ujung akar.

### 5. Bobot basah tajuk

Bobot basah tajuk dihitung dengan cara menimbang seluruh bagian tanaman 25 setelah tanaman baru dipanen dan dipisahkan dari akarnya. Penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik. Bobot basah tajuk dinyatakan dalam satuan gram (g).

### 6. Bobot basah akar

Bobot basah akar ditimbang setelah akar dipisahkan dari tanaman dan dicuci bersih. Selanjutnya, penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik. Bobot basah akar dinyatakan dalam satuan gram (g).

### 7. Bobot kering tajuk dan akar

Tajuk dan akar dimasukkan dalam amplop yang berbeda sesuai dengan perlakuan, kemudian dioven selama 3 hari dengan suhu 80 °C. Setelah itu ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik. Bobot kering tajuk dan akar dinyatakan dalam satuan gram (g).

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan didapatkan simpulan sebagai berikut.

1. Planlet kelapa kopyor varietas dalam yang menunjukkan gejala busuk disebabkan oleh infeksi bakteri patogen. Hasil isolasi menunjukkan sifat patogenik melalui uji *soft rot* dan uji hipersensitif, serta memiliki dominasi sifat gram negatif dan oksidatif,
2. Planlet sehat mengandung bakteri endofit indigenus yang berhasil diisolasi. Sebagian besar isolat tersebut bersifat hipovirulen dan beberapa di antaranya menunjukkan aktivitas antagonistik terhadap patogen penyebab busuk, dan
3. Beberapa isolat bakteri endofit, seperti PS. D6, PS. D11, dan PS. D13, memiliki kemampuan ganda, yaitu sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (PGPB) dan sebagai agen antagonis terhadap patogen.

### **5.2 Saran**

Karakterisasi molekuler seperti identifikasi genetik (16S rRNA) serta analisis metabolit bioaktif perlu dilakukan untuk memastikan spesies bakteri dan mengetahui senyawa yang berperan dalam aktivitas antimikroba dan stimulan pertumbuhan, sehingga pemanfaatannya dalam pertanian dapat lebih optimal dan tepat sasaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Aini, L. Q., dan Abadi, A. L. 2015. Pengaruh bakteri *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. terhadap pertumbuhan jamur patogen *Sclerotium rolfsii* Sacc. penyebab penyakit rebah semai pada tanaman kedelai. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*. 3(1): 1-10.
- Ali, M., Amimartha, F. A., dan Puspita, F. 2023. Uji antagonisme isolat jamur endofit tanaman pinang terhadap *ganoderma boninense* Pat. Penyebab penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit. *Jurnal Agrohita: Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan*. 8(1): 17-27.
- AM, S. L., Suharjo, R., Maryono, T., Masyuda, I., dan Taha, F. 2024. Karakterisasi penyebab penyakit kanker batang pada pepaya (*Carica papayae* L.) di Kecamatan Limau, Kabupaten Tanggamus, Lampung. *Jurnal Proteksi Agrikultura*. 1(1): 1-13.
- Antu, M. Y., Maskromo, I., dan Rindengan, B. 2020. Potensi daging kelapa kopyor sebagai bahan pangan sehat. *Perspektif, Rev. Pen. Tan. Industri*. 19(2): 95-104.
- Ariyanti, M., Suherman, C., Maxiselly, Y., dan Rosniawaty, S. 2018. Pertumbuhan tanaman kelapa (*Cocos nucifera* L.) dengan pemberian air kelapa. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*. 2(2): 201-212.
- Asih, S. N. 2023. Pola baru ekspansi perizinan perkebunan kelapa sawit akses dan relasi kuasa dalam kawasan hutan di Indonesia. *Istinbath: Jurnal Hukum*. 20(1): 54-75.
- Asmara, R. 2019. Kemelimpahan dan Karakterisasi Bakteri Rizosfer Tanaman Kelapa Sawit di PT Bumitama Gunajaya Agro Kalimantan Tengah. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Asra, R. H., Advinda, L., dan Anhar, A. 2024. The role of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) in sustainable agriculture. *Jurnal Serambi Biologi*. 9(1): 1-7.
- Asril, M., Lestari, W., Basuki, B., Sanjaya, M. F., Firgiyanto, R., Manguntunggi, B., dan Kunusa, W. R. 2023. *Mikroorganisme Pelarut Fosfat pada Pertanian Berkelanjutan*. Yayasan Kita Menulis. Medan.
- Basri, A. H. H. (2016). Kajian pemanfaatan kultur jaringan dalam perbanyakan tanaman bebas virus. *Agrica Ekstensia*. 10(1): 64-73.

- Dermiyati, D., Suharjo, R., Telaumbanua, M., Yosita, R., Sari, A. W., dan Andayani, A. P. 2023. Antagonist and plant growth promoting potential of indigenous bacteria isolated from oil palm empty fruit bunches. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 24(2): 1136-1142.
- Diniyah, S. 2010. Potensi isolat bakteri endofit sebagai penghambat pertumbuhan bakteri (*Ralstonia solanacearum*) dan jamur (*Fusarium* sp. Dan *Phytophthora infestans*) penyebab penyakit layu pada tanaman. *Skripsi*. Universitas Malik Ibhamin. Malang.
- Dwimartina, F., Joko, T., dan Arwiyanto, T. 2021. Karakteristik morfologi dan fisiologi bakteri endofit dan rizobakteri dari tanaman cengkeh sehat. *Jurnal Agro Wiralodra*. 4(1): 1-8.
- Eris, D. D., Munif, A., Soekarno, B. P., dan Purwantara, A. 2017. Penapisan dan potensi bakteri endofit asal tanaman arecaceae sebagai agens pengendali hayati cendawan *Pestalotiopsis* sp. Penyebab penyakit bercak daun pada kelapa kopyor (*Cocos nucifera*). *Menara Perkebunan*. 85(1): 19-27.
- Eris, D. D., Purwantara, A., Munif, A., Soekarno, B. P. 2018. Antagonisme beberapa bakteri endofit Arecaceae terhadap *Curvularia* sp. patogen penyebab bercak daun yang diisolasi dari tanaman kelapa kopyor. *Menara Perkebunan*. 86(2): 107-115.
- Elfina, Y., Ali, M., Wulandari, S. F., dan Ibrohim, R. 2022. Identifikasi morfologi lima isolat jamur endofit tanaman bawang merah dan kemampuannya menghambat *Alternaria porri* Ellis Civ. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 18(1): 74-80.
- Gofar, N., Nur, T. P., Sari, S. A., dan Leviana. 2025. *Mengenal Teknologi Pupuk Hayati*. Deepublish. Yogyakarta.
- Hafsari, A. R. 2017. Isolasi dan identifikasi kapang pelarut fosfat dari fosfat guano gua pawon. *Biota: Biologi dan Pendidikan Biologi*. 10(2): 165-180.
- Hidayat, F., Rahutomo, S., Farrasati, R., Pradiko, I., Syarovy, M., Sutarta, E. S., dan Widayati, W. E. 2018. Pemanfaatan bakteri endofit untuk meningkatkan keragaan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 26(2): 71-78.
- Hidayahkuloh, N., dan Setiawati, T. C. 2022. Uji aktivitas bakteri pelarut fosfat terhadap kelarutan fosfat pada tanah salin. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 9(2): 201-212.
- Hosang, M. L. 2013. Serangan *Oryctes rhinoceros* pada kelapa kopyor di beberapa sentra produksi dan potensi *Metarhizium anisopliae* sebagai musuh alami. *Buletin Palma*. 14(1): 47-53.
- Hung, P. Q. and Annapurna, K. 2004. Isolation and characterization of endophytic bacteria in soybean (*Glycine* sp.). *Omonrice*, 12(4): 92-101.
- Husain, D. R. dan Wardhani, R. 2021. *Bakteri Endosimbion Cacing Tanah: Kajian Potensi Antibakteri secara in-vitro dan in-silico*. Deepublisher. Yogyakarta.

- Ibrahim, E., Ikhsan, Z., Sidik, E. A., Ulpah, S., Rosida, N., dan Suherah, S. 2024. *Pengendalian Hama Terpadu (PHT)*. Penerbit Widina Media Utama. Bandung.
- Jayanti, M. N. 2022. Peran Asosiasi Petani Kelapa Indonesia (APKI) dalam Pengembangan Kelapa Kopyor di Kabupaten Pati (Studi Kasus Desa Ngagel, Kecamatan Dukuhseti). *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret.
- Kartini, E., Latief, A., dan Qurata, A. L. 2014. Pengembangan bio-bakterisida yang memanfaatkan bahan aktif bakteri endofit potensial antagonis untuk mengendalikan *Erwinia* sp. di umbi kentang. *Jurnal Hama dan Penyakit Tanaman*. 2(4):2338–4336.
- Kipimbob, E., Bara, R., Wowor, P. M., dan Posangi, J. 2019. Uji Efek Antibakteri *Chromodoris dianae* terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *eBiomedik*. 7(1): 61-66.
- Kishy, D. H. 2023. Respon Pertumbuhan Planlet Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) terhadap Pemberian Ekstrak Tauge (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) Pada Medium Murashige And Skoog Secara In Vitro. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Lolong, A. A. 2011. Uji patogenesitas cendawan *Phytophthora palmivora* asal kelapa dan kakao. *Buletin Palma*. 12(1): 37-48.
- Lumbessy, A. S., Alfikri, M. R., Adriani, A., Pato, U., Utami, C. R., Rahim, A., Sigalingging, C., Nurhayati, N., Munir, N. F., dan Irawan, I. 2025. *Mikrobiologi Makanan Modern*. Azzia Karya Bersama. Padang.
- Muhammad, S. S., Avianto, Y., Anindita, N. S., dan Nugraheni, I. A. 2023. Potensi bakteri endofit dari tanaman cabai dan batang ketimun sebagai agen biokontrol terhadap jamur *Fusarium* sp. *In Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas Aisyiyah Yogyakarta*. 1: 338-345.
- Manurung, I. R., Pinem, M. I., dan Lubis, L. 2014. Uji antagonisme jamur endofit terhadap *Cercospora oryzae* Miyake dan *Culvularia lunata* (Wakk) Boed. dari tanaman padi di laboratorium. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*. 2(4): 101992.
- Marhaeni, L. S. 2008. Inventarisasi hama dan penyakit penting pada tanaman kelapa. *Perspektif: Review Penelitian Tanaman Industri*. 7(2): 112-117.
- Maskromo, I. H., Novarianto., Sukma, D., dan Sudarsono. 2012. Potensi hasil plasma nutfah kelapa kopyor asal Kalianda , Pati, Sumenep dan Jember. *Prosiding Seminar Nasional PERIPI Komda Jabar*. Universitas Padjadjaran, Bandung. 499 – 507.
- Maskromo, I., Sudarsono., dan Novarianto, H. Potensi produksi pohon induk kelapa dalam kopyor asal Kalianda, Lampung Selatan. *Prosiding Simposium dan Seminar Bersama PERAGI-PERHORTI-PERIPI-HIGI: Mendukung kedaulatan pangan dan energi yang berkelanjutan*. 430 – 436.

- Maulida, D., dan Erfa, L. 2020. Kultur embrio kelapa kopyor menggunakan beberapa konsentrasi BA dan air kelapa. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 20(3): 247-251.
- Morales-Cedeño, L. R., del Carmen Orozco-Mosqueda, M., Loeza-Lara, P. D., Parra-Cota, F. I., de Los Santos-Villalobos, S., dan Santoyo, G. 2021. Plant growth-promoting bacterial endophytes as biocontrol agents of pre- and post-harvest diseases: Fundamentals, methods of application and future perspectives. *Microbiological Research*. 242. 126612.
- Mujtahidah, T., Sari, D. N., Putri, D. U., Mainassy, M. C., Ode, I., Yusuf, M. A., dan Sari, Y. P. 2023. *Budidaya Perikanan*. Tohar Media. Makassar.
- Mutiara, D. dan Putri, Y. P. 2020. Morfologi serangga pada tanaman kelapa (*Cocos nucifera L.*) di Desa Tabala Jaya Kecamatan Karang Agung Ilir Kabupaten Banyuasin. *Indobiosains*. 50-57.
- Nanlohy, F. N., Yalindua, A., dan Kamagi, D. D. W. 2023. Kultur Jaringan Tanaman. CV Bintang Semesta Media. Yogyakarta.
- Nugraheni, I. A., Setianah, H., dan Wibowo, D. S. 2021. Aktivitas Antibakteri dari Bakteri Endofit Asal Akar Ciplukan (*Physalis angulata L.*) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Biomedika*. 13(1): 48-55.
- Nurjayanti, E.D. dan Awami, S.N. 2018. Saluran dan margin pemasaran kelapa kopyor di Kecamatan Tayu Kabupaten Pati. *AGRONOMIKA*. 12(2): 98-102.
- Nuruwe, C., Matinahoru, J. M., dan Hadijah, M. H. 2020. Isolasi dan identifikasi bakteri endofit beberapa jenis pohon berhabitat basah. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 16(1): 65-70.
- Oktafiyanto, F. M., dan Rangkuti, E. E. 2022. Identifikasi Agens Hayati Potensial dari Tanaman Karuk (*Piper sarmentosum*). *Jurnal Agro Wiralodra*. 5(1): 32-35.
- Oviana, T., Aeny, T. N., dan Prasetyo, J. 2015. Isolasi dan Karakterisasi Penyebab Penyakit Busuk Buah pada Tanaman Nanas (*Ananas comosus L. merr.*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(2): 220-225.
- Purwaningsih, D. dan Wulandari, D. 2021. Uji aktivitas antibakteri hasil fermentasi bakteri endofit umbi talas (*Colocasia esculenta L.*) terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa*: Potential of Antibacterial Compound Fermentation of Endophytic Bacteria from Taro Tuber (*Colocasia esculenta L.*) againts *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 3(5): 750-759.
- Putri, R. A. 2019. Uji Hipersensitif Bakteri Endofit Pada Akar Tanaman Kaktus (*Cereus repandus mill.*) terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum mill.*) sebagai Penuntun Praktikum Mikrobiologi Terapan. *Disertasi*. Universitas Jambi.
- Qisthi, R. T., Novita K, N. K., Khatima, H., dan Chamila, A. 2021. Pengendalian Hama Dan Penyakit Tanaman Pangan Dan Hortikultura. *Skripsi*. Universitas Negeri Makassar.

- Rajendran, L., Akila, R., Karthikeyan, G., Raguchander, T., dan Samiyappan, R. 2015. Defense related enzyme induction in coconut by endophytic bacteria (EPC 5). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 50(1): 29-43.
- Reinhold-Hurek, B. dan Hurek, T. 2011. Living inside plants: bacterial endophytes. *Current opinion in plant biology*. 14(4): 435-443.
- Risandi, F. H., Ariyanti, M., dan Soleh, M. A. 2020. Respons pertumbuhan tanaman kelapa kopyor (*Cocos nucifera* L.) belum menghasilkan terhadap pemberian pupuk anorganik yang dikombinasikan dengan pupuk organik cair. *Jurnal Kultivasi*. 19(1). 1069-1076.
- Roeswitawati, D. dan Sukorini, H. 2022. *Penyakit Tumbuhan*. Universitas Muhammadiyah Malang Press. Malang.
- Rosenblueth, M. dan Martínez-Romero, E. 2006. Bacterial endophytes and their interactions with hosts. *Molecular plant-microbe interactions*. 19(8): 827-837.
- Saadah, F. L. dan Rahmadhini, N. 2023. Eksplorasi dan Identifikasi *Bacillus* sp. dari Tanah Rizosfer Bambu dan Tomat di Kelurahan Made, Sambikerep, Surabaya. *Agrocentrum*. 1(1): 1-6.
- Sadiyah, F. U., dan Ginting, A. L. 2024. Pengaruh perdagangan Internasional eksport migas dan non migas terhadap perdagangan di Indonesia. *Economie: Jurnal Ilmu Ekonomi*. 6(1): 1-15.
- Setiawan, R., Anantanyu, S., dan Widiyanti, E. Strategi pengembangan agribisnis kelapa kopyor di Kabupaten Pati. *Agrista*. 4(2): 73-84.
- Silitonga, D.M., Nunuk, P., dan Isnaini, N. 2015. Isolasi dan uji potensi isolat bakteri pelarut fosfat dan bakteri penghasil hormon IAA (Indole Acetic Acid) terhadap pertumbuhan kedelai (*Glycine max* L.) pada tanah kuning. *Jurnal Biologi*. 35-36.
- Sianipar, G. W. S., Sartini., dan Riyanto. 2020. Isolasi dan karakteristik bakteri endofit pada akar pepaya (*Carica papaya* L). *Ilmiah Biologi UMA*, 2(2): 83-92.
- Suharjo, R., Aeny, T. N., Hasanudin, U., Sukmaratri, T., Krisno, R., Khoironi, T., dan Safitri, D. A. 2018. Potential of endophytic bacteria as plant growth promoter and antagonist against pineapple-fungal plant pathogen in Indonesia. In *Proceeding of International Symposium on Innovative Crop Protection for Sustainable Agriculture* (pp. 41-44).
- Sumacipta, F. 2013. Seleksi bakteri endofit untuk pengendalian penyakit rebah kecambah (*Phytiuum* sp.) pada tanaman mentimun. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Supriadi, I., Ardiansyah, A., dan Purwanto, S. 2023. Pengendalian penyakit busuk pangkal batang (PBP) pada tanaman kelapa hibrida di Indonesia. *Jurnal Penelitian Kelapa*. 12(1): 1-10.

- Strobel, G. dan Daisy, B., 2003. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiology and molecular biology reviews: MMBR*. 67(4): 491–502
- Taghavi, S., Barac, T., Greenberg, B., Borremans, B., Vangronsveld, J., dan van der Lelie, D. 2005. Horizontal gene transfer to endogenous endophytic bacteria from poplar improves phytoremediation of toluene. *Applied and environmental microbiology*. 71(12): 8500-8505.
- Tampubolon, D. A. T. 2021. Eksplorasi dan Identifikasi Bakteri Simbion Rayap yang Berperan sebagai Agensi Hayati Pengendali Jamur Patogen Tanaman. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Taruna, A., Aini, L. Q., dan Syib'li, M. A. 2024. Potensi bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* dalam menginduksi ketahanan tanaman tomat terhadap penyakit layu Fusarium. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*. 12(2): 111-123.
- Tri, T. 2024. *Cara Praktis Mengolah Buah Kelapa yang Menyehatkan*. Rumah Baca. Yogyakarta.
- Tumbol, R. A. 2020. Isolasi dan identifikasi bakteri patogen pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dibudidayakan di Kecamatan Dimembe Kabupaten Minahasa Utara Tahun 2019. *Budidaya Perairan*. 8(1): 19-26.
- Tuti, M. 2024. Pemanfaatan Tumbuhan Obat Oleh Masyarakat Di Hkm Harapan Jaya Batu Ampar Kecamatan Panti Kabupaten Pasaman. *Disertasi*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Tyasmoro, S. Y., Permanasari, P. N., dan Saitama, A. 2021. *Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan*. Universitas Brawijaya Press.
- Umadi, S. S., Ilyas, S., dan Widyastuti, R. 2023. Karakterisasi dan viabilitas bakteri penambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat dalam media pembawa biochar. *Jurnal Ilmu Tanah Lingkungan*. 25(2): 40-45.
- Utami, P. R. 2023. *Pengantar Bakteriologi pada Penyakit Infeksi untuk ATLM*. Deepublish. Yogyakarta.
- Wahyudi, A. T., Meliah, S., dan Nawangsih, A. A. 2011. *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* bakteri penyebab hawar daun pada padi: isolasi, karakterisasi, dan telaah mutagenesis dengan transposon. *Makara Journal of Science*. 15(1): 89-96.
- White, J. F., Kingsley, K. L., Zhang, Q., Verma, R., Obi, N., Dvinskikh, S., Elmore, M. T., Verma, S. K., Gond, S.K., dan Kowalski, K. P. 2019. Review: Endophytic microbes and their potential applications in crop management. *Pest management science*. 75(10): 2558-2565.
- Widawati, S., Suliasih, dan Saefudin. 2015. Isolasi dan uji efektivitas Plant Growth Promoting Rhizobacteria di lahan marginal pada pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr.) var. Wilis. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. Jakarta. 1(1): 59-65.
- Worosuryani, C., Priyatmojo, A., dan Wibowo, A. 2006. Uji kemampuan jamur yang diisolasi dari lahan pasir sebagai PGPF (*Plant Growth Promoting*

*Fungi). Jurnal Agrosains.* 19: 179–192.

Zhang, H., Lee, Y. K., Zhang, W., dan Lee, H. K. 2006. Culturable actinobacteria from the marine sponge *Hymeniacidon perleve*: isolation and phylogenetic diversity by 16S rRNA gene-RFLP analysis. *Antonie Van Leeuwenhoek.* 9: 159-169.