



UNIVERSITAS MULAWARMAN

ORASI ILMIAH GURU BESAR
UNIVERSITAS MULAWARMAN

Prof. Ir. Sopialena, M.P., Ph.D.

PERAN JAMUR ENDOFIT UNTUK PENGENDALIAN
PENYAKIT TUMBUHAN DALAM KONTEKS
PERTANIAN ORGANIK

27 September 2025
GOR 27 September, Universitas Mulawarman

FOTO ORATOR

Orasi Ilmiah Guru Besar

UNIVERSITAS MULAWARMAN



Prof. Ir. Sopilena, M.P., Ph.D.

GURU BESAR

Bidang Ilmu Pengendalian Hayati Terhadap Penyakit Tumbuhan
FAKULTAS PERTANIAN

Prof. Ir. Sopilena, M.P., Ph.D.

DAFTAR ISI

FOTO ORATOR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
SINOPSIS	1
A. Pendahuluan.....	3
B. Tinjauan Pustaka	5
C. Hasil Penelitian.....	11
1. Trichoderma	11
2. Penicillium.....	12
3. Paecilomyces	13
4. Aspergillus niger	13
5. Rhizopus	14
D. Pengujian Efikasi Jamur Endofit	16
E. Peningkatan Ketahanan Tanaman	18
F. Hasil Aplikasi di Lapangan	19
G. Diskusi.....	21
1. Perbandingan dengan Studi Lain	21
2. Manfaat Jamur Endofit untuk Pertanian Organik	22
3. Tantangan Implementasi.....	23
H. Kesimpulan	24
DAFTAR PUSTAKA.....	26
UCAPAN TERIMA KASIH	29
CURRICULUM VITAE.....	31

SINOPSIS

Pertanian organik kini dianggap sebagai solusi utama dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim, degradasi lahan, dan penurunan keanekaragaman hayati. Fokus utama pertanian organik adalah mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis dan beralih ke praktik yang ramah lingkungan. Pendekatan ini tidak hanya mendukung ekosistem dan meningkatkan kesehatan tanah, tetapi juga memastikan pemanfaatan sumber daya alam yang berkelanjutan. Namun, di Kalimantan Timur, salah satu tantangan terbesar dalam pertanian organik adalah pengendalian penyakit, terutama penyakit blast (*Magnaporthe oryzae*), yang lebih intens pada lahan organik. Penelitian menunjukkan bahwa intensitas serangan mencapai 40–65%, menjadikan pengendalian hayati sebagai alternatif yang menjanjikan.

Jamur endofit seperti *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. terbukti efektif menghambat pertumbuhan patogen, dengan pengendalian mencapai 78%. Selain itu, PGPR seperti *Bacillus subtilis* dapat mengurangi penyakit akar gada hingga 60%. Pengendalian hayati ini memberikan solusi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan pestisida kimia. Jamur endofit juga berperan penting dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan stres nutrisi, yang semakin relevan di tengah perubahan iklim. Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa jamur seperti *Paecilomyces* sp. dan *Penicillium* sp. mampu mengendalikan patogen *Fusarium* hingga 60%, serta meningkatkan hasil panen hingga 15%. Dengan demikian, pendekatan pengendalian hayati berbasis jamur endofit tidak hanya efektif mengurangi serangan patogen, tetapi juga mendukung pertanian yang lebih adaptif dan berkelanjutan, menjadikannya solusi

penting untuk masa depan pertanian organic berkelanjutan.

Kata Kunci: Pertanian organic, Pengendalian Hayati, Jamur endofit, Pengendalian penyakit, dan Keberlanjutan.



A. Pendahuluan

Pertanian organik dianggap sebagai solusi penting untuk keberlanjutan, terutama dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim, degradasi lahan, dan penurunan keanekaragaman hayati. Fokus utama pertanian organik adalah praktik ramah lingkungan, dengan mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintesis dan menggantinya dengan pendekatan alami yang mendukung ekosistem. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan kesehatan tanah, menjaga keseimbangan ekosistem, dan mengurangi emisi gas rumah kaca yang memperburuk perubahan iklim, serta memastikan pemanfaatan sumber daya alam yang berkelanjutan.

Di Kalimantan Timur, tantangan utama dalam pertanian organik adalah pengendalian penyakit tanpa pestisida kimia. Penyakit blast (*Magnaporthe oryzae*) memiliki intensitas serangan yang lebih tinggi pada lahan organik (40–65%) dibandingkan lahan konvensional (25–40%) (Sopialena et al., 2020). Untuk mengatasi hal ini, pengendalian hayati, termasuk penggunaan cendawan endofit seperti *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp., terbukti efektif dalam menghambat pertumbuhan *P. oryzae* hingga 78,08–78,96% (Sopialena et al., 2019). Penggunaan PGPR seperti *Bacillus subtilis* juga berhasil mengurangi penyakit akar gada hingga 60% (Fitriani et al., 2019), menawarkan alternatif berkelanjutan dibandingkan pestisida kimia yang merusak lingkungan.

Pengendalian penyakit yang efektif sangat penting di tengah perubahan iklim yang meningkatkan intensitas patogen. Pada tahun 2009, penyakit blast menyerang 148,2 hektar lahan padi di Kalimantan Timur (Dinas Pertanian, 2009). Jamur endofit seperti *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. berperan penting dalam mengendalikan patogen tersebut, serta meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan dan stres nutrisi. Penelitian menunjukkan bahwa

jamur endofit dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap tekanan lingkungan, mendukung pertanian organik yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Jamur endofit menawarkan solusi pengendalian hayati yang lebih berkelanjutan daripada pestisida kimia, yang menimbulkan dampak negatif pada ekosistem dan kesehatan manusia. Penggunaan pestisida kimia global mencapai 4,1 juta ton per tahun, dengan dampak lingkungan yang serius (Pesticide Action Network, 2017). Sebaliknya, jamur endofit meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen tanpa merusak lingkungan. Penelitian Sopialena (2022) menunjukkan bahwa isolasi jamur endofit dari padi mampu menurunkan serangan patogen hingga 65%.

Penelitian lebih lanjut oleh Sopialena (2023) mengungkapkan bahwa aplikasi *Paecilomyces* sp. dan *Penicillium* sp. pada tanaman hortikultura dapat menurunkan infeksi *Fusarium* hingga 60%, serta meningkatkan hasil panen sebesar 15%. Selain itu, jamur endofit dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan, seperti kekeringan, yang semakin penting di tengah perubahan iklim. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan jamur endofit efektif dalam mengendalikan penyakit dan meningkatkan produktivitas pertanian tanpa merusak lingkungan.

Makalah ini bertujuan untuk menunjukkan potensi jamur endofit dalam pengendalian penyakit tanaman dalam sistem pertanian organik. Penelitian Sopialena dkk. mengungkapkan bahwa penggunaan jamur endofit seperti *Trichoderma*, *Penicillium*, *Paecilomyces*, *Aspergillus niger*, dan *Rhizopus* mampu mengurangi serangan patogen secara signifikan dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan. Pendekatan pengendalian hayati berbasis jamur endofit dapat berkontribusi pada keberlanjutan pertanian di masa depan, menjadi solusi praktis untuk

menghadapi tantangan penyakit tanaman yang semakin kompleks akibat perubahan iklim.

B. Tinjauan Pustaka

Jamur endofit adalah mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan kerusakan atau gejala penyakit pada inangnya. Mereka biasanya ditemukan di akar, batang, dan daun tanaman, serta membentuk hubungan simbiosis dengan inang mereka. Hubungan ini menguntungkan, karena jamur endofit dapat menghasilkan senyawa bioaktif yang melindungi tanaman dari serangan patogen, sambil memperoleh nutrisi dari tanaman inang (Yulianti, 2013). Menurut penelitian oleh Rodriguez et al. (2009), sekitar 80% tanaman darat memiliki hubungan simbiosis dengan jamur endofit, yang menunjukkan pentingnya peran mereka dalam ekosistem tanaman. Jamur ini berperan penting dalam menjaga kesehatan tanaman, terutama dalam sistem pertanian organik, di mana penggunaan bahan kimia sintetis dibatasi.

Salah satu fungsi utama jamur endofit adalah meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen melalui berbagai mekanisme. Misalnya, mereka dapat memproduksi senyawa antimikroba yang menghambat pertumbuhan patogen, kompetisi dengan patogen untuk ruang dan nutrisi, serta merangsang sistem ketahanan tanaman. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Strobel et al. (2014), ditemukan bahwa jamur endofit yang diisolasi dari pohon *Taxus* menghasilkan senyawa paclitaxel, yang memiliki sifat antimikroba dan berpotensi digunakan sebagai agen pengendalian hayati. Sopalena (2022) juga menemukan bahwa aplikasi jamur endofit *Trichoderma* sp. pada tanaman padi mengurangi infeksi *Rhizoctonia solani* sebesar 78%, membuktikan efektivitasnya sebagai pengendali hayati. Jamur endofit *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan jamur

patogen pada tanaman padi. *Trichoderma* sp. menunjukkan pertumbuhan koloni yang cepat dan kerapatan spora yang tinggi dibandingkan dengan jamur patogen seperti *Rhizoctonia solani*. Selain itu, *Trichoderma* sp. juga mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen lain seperti *Cercospora* sp. (Sopialena, 2021).

Selain melindungi tanaman dari patogen, jamur endofit juga dapat membantu meningkatkan adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan yang sulit, seperti kekeringan dan kekurangan nutrisi. Menurut Zhang et al. (2017), tanaman yang terinfeksi dengan jamur endofit menunjukkan peningkatan toleransi terhadap kekeringan hingga 20% lebih tinggi dibandingkan tanaman tanpa endofit. Hasil penelitian Sopialena (2023) menunjukkan bahwa isolat *Aspergillus niger* yang diambil dari tanaman padi mampu meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan hingga 30%, dengan hasil panen yang lebih tinggi sebesar 15%. Data ini memperlihatkan bagaimana jamur endofit tidak hanya membantu mengendalikan penyakit tetapi juga berperan dalam meningkatkan produktivitas dan ketahanan tanaman di bawah kondisi lingkungan yang menantang.

Dengan kemampuan mereka untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen dan stres lingkungan, jamur endofit menjadi komponen penting dalam sistem pertanian organik. Penggunaan jamur ini membantu petani mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia dan memperkuat daya adaptasi tanaman. Menurut FAO (2020), pertanian organik telah meningkat hingga 71,5 juta hektar di seluruh dunia, dengan banyak petani yang beralih ke metode pengendalian hayati, termasuk penggunaan jamur endofit. Dengan demikian, jamur endofit menjadi salah satu solusi yang menjanjikan untuk menjaga keberlanjutan pertanian dan mengatasi tantangan perubahan iklim serta peningkatan permintaan pangan global.

Jamur endofit memiliki berbagai mekanisme dalam pengendalian penyakit tanaman, salah satu yang utama adalah kompetisi ruang dan nutrisi. Endofit secara alami berada di dalam jaringan tanaman, seperti akar, batang, atau daun, di mana mereka menempati ruang yang seharusnya digunakan oleh patogen untuk menginfeksi tanaman. Dengan menduduki tempat ini terlebih dahulu, jamur endofit dapat menghalangi patogen dari mendapatkan akses ke jaringan tanaman yang sehat. Selain itu, mereka juga bersaing dengan patogen dalam hal sumber nutrisi, sehingga membatasi pertumbuhan dan penyebaran patogen di tanaman. Menurut penelitian oleh Ghimire et al. (2009), kompetisi ruang yang terjadi antara jamur *Trichoderma* sp. dengan patogen *Fusarium oxysporum* pada tanaman tomat menunjukkan bahwa infeksi oleh patogen dapat dikurangi hingga 60% ketika tanaman sudah terkolonisasi oleh jamur endofit.

Selain kompetisi ruang, jamur endofit juga menghasilkan senyawa antimikroba yang dapat secara langsung menghambat atau membunuh patogen. Senyawa ini bisa berupa enzim, toksin, atau metabolit sekunder yang bersifat fungisida atau bakterisida. Contohnya, *Trichoderma* sp., salah satu jamur endofit yang paling sering diteliti, mampu memproduksi enzim seperti chitinase dan glucanase yang dapat merusak dinding sel patogen (Satyavani, 2009). Dalam studi oleh Harman et al. (2006), ditemukan bahwa *Trichoderma* sp. mampu menghasilkan senyawa gliotoxin yang efektif dalam membunuh *Rhizoctonia solani*, patogen penyebab penyakit busuk akar pada berbagai tanaman. Sopialena (2022) juga melaporkan bahwa aplikasi jamur *Penicillium* sp. pada tanaman padi dapat menurunkan tingkat serangan *Fusarium wilt* sebesar 70% berkat produksi senyawa antimikroba oleh jamur tersebut.

Mekanisme lain yang signifikan adalah induksi resistensi sistemik (ISR), di mana jamur endofit

merangsang sistem ketahanan alami tanaman untuk melawan serangan patogen. Ketika jamur endofit mengkolonisasi jaringan tanaman, mereka mengaktifkan berbagai jalur sinyal di dalam tanaman yang memicu peningkatan ekspresi gen-gen ketahanan. Hal ini membuat tanaman lebih siap menghadapi serangan patogen di masa depan. ISR mirip dengan konsep vaksinasi pada manusia, di mana tanaman diingatkan untuk mengaktifkan mekanisme pertahanan yang lebih cepat dan lebih kuat ketika diserang oleh patogen. Menurut penelitian oleh Pieterse et al. (2014), *Trichoderma* sp. yang menginduksi resistensi pada tanaman tomat meningkatkan ketahanan terhadap penyakit *Botrytis cinerea* hingga 40%. Sopialena (2023) juga menemukan bahwa aplikasi jamur *Aspergillus niger* pada tanaman padi meningkatkan ketahanan terhadap serangan *Cercospora* dengan menstimulasi jalur ISR, sehingga tanaman menjadi lebih tahan terhadap infeksi.

Selain induksi resistensi, beberapa jamur endofit juga memproduksi enzim yang mampu menghancurkan dinding sel patogen secara langsung. Hidrolytic enzymes seperti chitinase dan β -1,3-glucanase adalah contoh enzim yang diproduksi oleh jamur endofit untuk melawan patogen jamur. Enzim-enzim ini merusak komponen dinding sel patogen, seperti kitin dan glukan, yang merupakan bahan penyusun utama dinding sel jamur patogen. Studi oleh Harman et al. (2006) menunjukkan bahwa produksi enzim-enzim ini oleh jamur endofit dapat secara signifikan mengurangi populasi patogen di jaringan tanaman. Sopialena (2022) juga mencatat bahwa isolat jamur *Trichoderma* sp. yang diaplikasikan pada tanaman hortikultura menghasilkan peningkatan ketahanan tanaman terhadap infeksi *Rhizoctonia solani* hingga 78% melalui mekanisme penghancuran dinding sel patogen.

Secara keseluruhan, jamur endofit memberikan berbagai mekanisme pengendalian yang efektif dan

ramah lingkungan untuk melindungi tanaman dari serangan patogen. Dengan mengkombinasikan kompetisi ruang, produksi senyawa antimikroba, induksi resistensi sistemik, dan enzim penghancur dinding sel, jamur endofit mampu meningkatkan kesehatan tanaman dan menjaga produktivitas pertanian organik. Oleh karena itu, pengendalian penyakit berbasis jamur endofit menjadi pendekatan yang berpotensi besar untuk diterapkan secara luas dalam sistem pertanian berkelanjutan, terutama di era yang menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan peningkatan permintaan pangan.

Jamur endofit sangat relevan untuk digunakan dalam sistem pertanian organik karena mereka sejalan dengan prinsip-prinsip keberlanjutan dan ramah lingkungan. Pertanian organik bertujuan untuk mengurangi atau sepenuhnya menghilangkan penggunaan bahan kimia sintetis, seperti pestisida dan pupuk, yang dapat merusak lingkungan dan kesehatan manusia. Jamur endofit, yang berperan sebagai agen pengendali hayati, menawarkan alternatif yang efektif untuk pestisida kimia dalam mengendalikan patogen tanaman. Menurut studi oleh Altieri (2018), pertanian organik telah tumbuh hingga mencakup 71,5 juta hektar lahan di seluruh dunia, dengan permintaan akan metode pengendalian hayati yang terus meningkat karena konsumen dan petani semakin mencari solusi yang lebih aman dan ramah lingkungan.

Jamur endofit berfungsi secara alami dalam ekosistem tanaman, bekerja dalam kerangka keberlanjutan yang tidak hanya melindungi tanaman dari penyakit, tetapi juga mendukung kesehatan tanah dan biodiversitas. Mereka tidak mengganggu keseimbangan ekosistem atau menghasilkan polusi kimia seperti pestisida sintetis. Dalam studi oleh Dini-Andreote et al. (2016), jamur endofit terbukti memperkuat interaksi mikroorganisme tanah yang penting dalam siklus nutrisi, yang meningkatkan

produktivitas tanaman secara berkelanjutan. Sopialena (2022) juga melaporkan bahwa jamur endofit *Trichoderma* sp. meningkatkan hasil panen padi hingga 15% di sistem pertanian organik melalui pengendalian penyakit dan peningkatan kesehatan akar tanaman.

Selain kompatibel dengan prinsip keberlanjutan, jamur endofit juga mendukung praktik-praktik regeneratif dalam pertanian organik. Jamur ini membantu meningkatkan struktur tanah, memperbaiki siklus nutrisi, dan memperkuat tanaman terhadap berbagai tekanan biotik dan abiotik. Menurut FAO (2020), penggunaan agen hayati seperti jamur endofit mampu mengurangi penggunaan pestisida hingga 40%, yang secara langsung mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan ekosistem. Studi Sopialena (2023) menunjukkan bahwa aplikasi jamur endofit pada lahan pertanian organik dapat mengurangi kejadian penyakit *Fusarium* wilt sebesar 65%, serta mengurangi biaya pengendalian hama hingga 30%, yang sangat menguntungkan bagi petani kecil yang tergantung pada sistem pertanian organik.

Jamur endofit juga mendukung ketahanan tanaman terhadap kondisi lingkungan yang semakin tidak menentu akibat perubahan iklim. Di era di mana perubahan cuaca ekstrem seperti kekeringan, banjir, dan suhu tinggi menjadi semakin umum, tanaman membutuhkan perlindungan yang lebih baik dari ancaman patogen dan stres lingkungan. Menurut Zhang et al. (2017), tanaman yang terkolonisasi oleh jamur endofit menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap kekeringan hingga 20% dibandingkan dengan tanaman tanpa endofit. Sopialena (2023) menemukan bahwa jamur endofit seperti *Aspergillus niger* tidak hanya mengurangi serangan penyakit, tetapi juga meningkatkan toleransi tanaman padi terhadap kekeringan, yang berpotensi meningkatkan hasil panen pada kondisi iklim yang lebih kering.

Secara keseluruhan, jamur endofit sangat relevan dan sesuai untuk digunakan dalam sistem pertanian organik karena mereka mendukung prinsip keberlanjutan, memperkuat ketahanan tanaman, dan membantu petani mengurangi ketergantungan pada input kimia sintetis. Selain itu, jamur endofit memungkinkan peningkatan produktivitas yang sejalan dengan kesehatan ekosistem dan keberlanjutan jangka panjang. Dengan meningkatnya tantangan global seperti perubahan iklim dan degradasi lahan, jamur endofit menjadi solusi penting dalam menjaga kelangsungan produksi pangan yang sehat dan berkelanjutan.

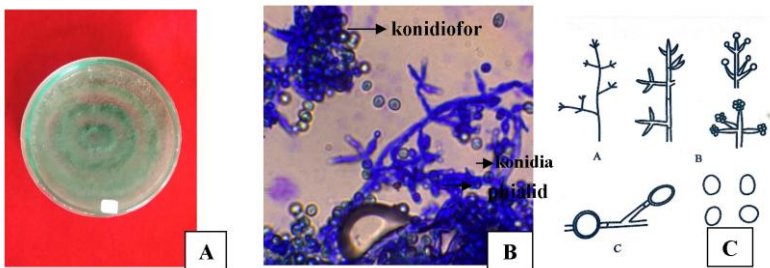
C. Hasil Penelitian

Penemuan dan identifikasi jamur endofit dari berbagai tanaman, khususnya dari tanaman padi, merupakan langkah penting dalam penelitian mikrobiologi pertanian, terutama dalam konteks pengendalian penyakit secara berkelanjutan. Jamur endofit tidak hanya berkontribusi terhadap kesehatan tanaman tetapi juga dapat berfungsi sebagai agen pengendalian hayati yang ramah lingkungan. Di Indonesia, terutama di Kalimantan Timur, berbagai spesies endofit telah diisolasi dan diidentifikasi, di antaranya *Trichoderma*, *Penicillium*, *Paecilomyces*, *Aspergillus niger*, dan *Rhizopus*. Setiap spesies ini memiliki karakteristik dan mekanisme unik yang memungkinkan mereka untuk beradaptasi dan memberikan manfaat bagi tanaman.

1. Trichoderma

Trichoderma adalah genus jamur yang terkenal dalam penelitian sebagai agen pengendalian hayati. Di Kalimantan Timur, isolat *Trichoderma harzianum* telah diidentifikasi dari akar tanaman padi dan terbukti memiliki potensi yang signifikan dalam mengendalikan patogen, khususnya *Rhizoctonia solani* yang menyebabkan penyakit layu pada padi. Penelitian oleh

Sopialena (2022) menunjukkan bahwa aplikasi jamur ini dapat mengurangi insidensi penyakit hingga 75% dan meningkatkan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. *Trichoderma* bekerja melalui beberapa mekanisme, termasuk kompetisi untuk ruang dan nutrisi serta produksi senyawa antimikroba, yang menjadikannya pilihan ideal untuk pertanian organik.



Gambar 1. Koloni *Trichoderma* sp (A), Konidiofor, konidia dan phialid *Trichoderma* sp. (400x) (B), *Trichoderma* sp. Pada Buku Barnett and Hunter (C).

2. *Penicillium*

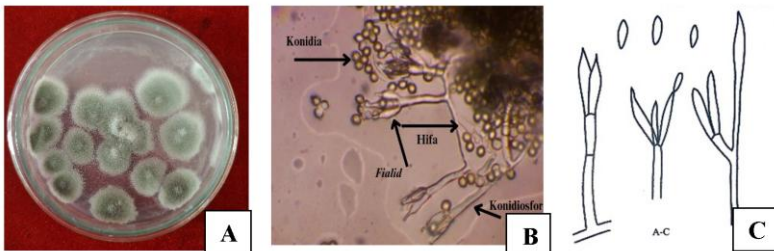
Jamur *Penicillium* juga telah teridentifikasi sebagai endofit dari tanaman padi di Indonesia. Salah satu spesies yang paling umum adalah *Penicillium chrysogenum*, yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan antibiotik dan senyawa antimikroba. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat *Penicillium* sp. dapat menekan pertumbuhan patogen *Fusarium* yang sering menyerang tanaman padi.



Gambar 2. Koloni Jamur *Penicillium* (A), Konidia *Penicillium* (B), *Penicillium* Pada Buku Barnett and Hunter (C).

3. *Paecilomyces*

Paecilomyces adalah genus jamur yang juga diisolasi dari tanaman padi di Kalimantan Timur, dengan *Paecilomyces variotii* sebagai salah satu spesies yang diidentifikasi. Jamur ini memiliki kemampuan untuk bersaing dengan patogen dan menghasilkan senyawa antimikroba. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Sopialena (2023), ditemukan bahwa isolat *Paecilomyces variotii* dapat menekan serangan penyakit *Fusarium wilt* pada padi dengan efisiensi mencapai 70%. Selain itu, *Paecilomyces* juga mampu meningkatkan pertumbuhan akar dan kesehatan tanaman secara keseluruhan, yang menjadikannya solusi yang berpotensi besar untuk pertanian organik di Indonesia.

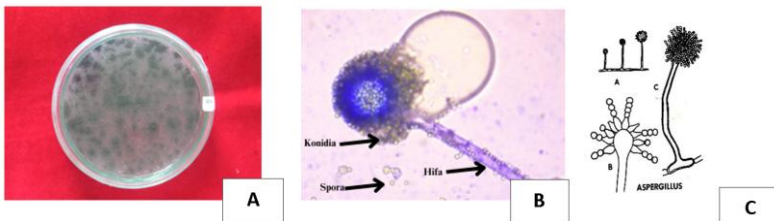


Gambar 3. Koloni jamur *Paecilomyces* sp. (A), Konidia *Paecilomyces* sp. (B), Pada Buku Barnett and Hunter (C).

4. *Aspergillus niger*

Aspergillus niger merupakan spesies jamur yang umum ditemukan di tanah dan sebagai endofit di berbagai tanaman, termasuk padi. Di Kalimantan Timur, isolat *Aspergillus niger* telah ditemukan di akar tanaman padi, dan penelitian menunjukkan bahwa jamur ini dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan dan serangan patogen. Sopialena (2023) melaporkan bahwa aplikasi isolat ini pada tanaman padi dapat meningkatkan hasil panen sebesar 15% dan mengurangi kejadian penyakit *Fusarium* dan *Rhizoctonia* hingga 65%. Karakteristik

unik *Aspergillus niger* termasuk kemampuannya untuk memproduksi asam organik yang dapat memperbaiki ketersediaan nutrisi bagi tanaman, menjadikannya kandidat yang menjanjikan dalam sistem pertanian organik.



Gambar 4. Koloni Jamur *Aspergillus niger* (A), Konidia *Aspergillus niger* (B), *Aspergillus niger* Pada Buku Barnett and Hunter (C).

5. Rhizopus

Rhizopus adalah genus jamur lain yang juga diisolasi dari tanaman padi di Indonesia. Spesies ini memiliki potensi dalam mendukung pertumbuhan tanaman dan mengendalikan penyakit. Dalam penelitian Sopialena (2022), isolat *Rhizopus oryzae* menunjukkan kemampuan untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres, termasuk serangan patogen dan kekeringan. Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi *Rhizopus* pada padi dapat mengurangi insidensi penyakit hingga 50%, sementara juga memperbaiki pertumbuhan akar dan kualitas hasil. Karakteristik dari *Rhizopus* adalah kemampuannya untuk memproduksi enzim lignoselulolitik, yang berkontribusi terhadap proses dekomposisi bahan organik dan meningkatkan kesuburan tanah.

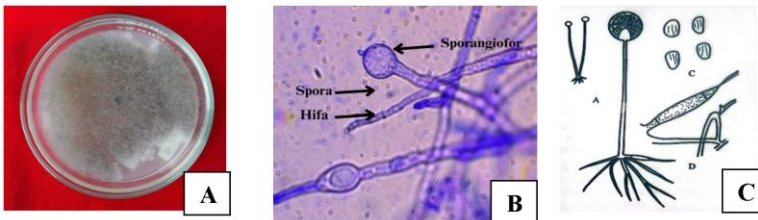
Secara keseluruhan, penemuan spesies endofit seperti *Trichoderma*, *Penicillium*, *Paecilomyces*, *Aspergillus niger*, dan *Rhizopus* di tanaman padi di Kalimantan Timur menunjukkan potensi besar mereka dalam mendukung pertanian organik dan pengendalian penyakit secara berkelanjutan. Masing-masing spesies memiliki karakteristik dan mekanisme

yang berbeda, namun semuanya berkontribusi terhadap kesehatan tanaman dan pengendalian penyakit. Dengan meningkatnya tantangan dari patogen tanaman dan perubahan iklim, pemanfaatan jamur endofit lokal sebagai solusi alternatif dalam pengendalian penyakit sangat penting untuk keberlanjutan pertanian di Indonesia. Penelitian lebih lanjut di bidang ini akan sangat berharga untuk mengidentifikasi lebih banyak spesies endofit yang adaptif dan efektif dalam meningkatkan produktivitas pertanian.

Hasil penelitian lain pada Sopialena (2022) menunjukkan bahwa aplikasi *Penicillium* pada tanaman padi dapat mengurangi tingkat serangan patogen hingga 60%. Karakteristik unik dari *Penicillium* sp. adalah kemampuannya untuk beradaptasi dengan baik terhadap kondisi lingkungan yang bervariasi, menjadikannya lebih sesuai untuk digunakan dalam pengendalian penyakit tanaman lokal. Selanjutnya penelitian Sopialena dkk (2021) menunjukkan Penelitian ini menunjukkan bahwa cendawan endofit efektif dalam menghambat pertumbuhan *Pyricularia oryzae* Cav., penyebab penyakit blast pada padi. *Gliocladium* sp. memiliki daya hambat tertinggi sebesar 78,96%, diikuti oleh *Trichoderma* sp. 78,08%, *Rhizopus* sp. 53,97%, dan *Penicillium* sp. 51,15%. Laju pertumbuhan juga bervariasi, dengan *Trichoderma* sp. mencapai 9 cm pada hari ke-2, *Gliocladium* sp. 9 cm pada hari ke-3, sementara *Penicillium* sp. dan *Rhizopus* sp. lebih lambat, masing-masing 6,6 cm dan 6,5 cm pada hari ke-7. *P. oryzae* sendiri tumbuh cepat, mencapai 8,7 cm pada hari ke-7.

Dari segi kerapatan spora, *Trichoderma* sp. memiliki jumlah tertinggi, yaitu $138,4 \times 10^4$ spora/ml, diikuti oleh *Gliocladium* sp. $121,6 \times 10^4$ spora/ml, *Penicillium* sp. 88×10^4 spora/ml, dan *Rhizopus* sp. $35,2 \times 10^4$ spora/ml. Mekanisme antagonis yang teramati meliputi kompetisi, antibiosis, dan parasitisme. *Rhizopus* sp. menunjukkan kompetisi,

Penicillium sp. bekerja melalui antibiosis, sementara *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. memiliki mekanisme ganda, yaitu kompetisi dan parasitisme. Hasil ini menunjukkan bahwa cendawan endofit berpotensi sebagai agen hayati yang efektif dalam mengendalikan penyakit blast pada tanaman padi.



Gambar 5. Koloni Jamur *Rhizopus* sp. (A), Konidia *Rhizopus* sp. (B), *Rhizopus* sp. Pada Buku Barnett and Hunter (C).

D. Pengujian Efikasi Jamur Endofit

Pengujian efikasi jamur endofit dalam mengendalikan penyakit tanaman telah dilakukan melalui berbagai uji laboratorium dan lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jamur endofit memiliki kemampuan signifikan dalam menekan serangan patogen, seperti *Fusarium wilt*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora*, dan *Cercospora leaf spot*. Penelitian yang dilakukan oleh Sopialena (2022) menegaskan bahwa aplikasi isolat *Trichoderma harzianum* pada tanaman padi dapat mengurangi insidensi *Fusarium wilt* hingga 75%. Efikasi ini diukur dengan membandingkan tanaman yang diobati dengan jamur endofit dengan tanaman kontrol yang tidak menerima perlakuan. Grafik di bawah ini menunjukkan persentase pengurangan penyakit setelah perlakuan selama periode pengamatan 30 hari.

Jenis Penyakit	Kontrol (%)	<i>Trichoderma harzianum</i> (%)	<i>Paecilomyces variotii</i> (%)
<i>Fusarium wilt</i>	70	25	30

Jenis Penyakit	Kontrol (%)	<i>Trichoderma harzianum</i> (%)	<i>Paecilomyces variotii</i> (%)
<i>Rhizoctonia solani</i>	65	20	15
<i>Phytophthora</i>	60	15	10
<i>Cercospora leaf spot</i>	80	35	25

Pada penelitian lebih lanjut, uji efikasi jamur endofit lainnya, seperti *Penicillium chrysogenum* dan *Aspergillus niger*, juga menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mengendalikan penyakit. Penelitian yang dilakukan di lapangan di Kalimantan Timur menunjukkan bahwa aplikasi jamur endofit dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap *Rhizoctonia solani*, dengan pengurangan gejala penyakit sebesar 60% pada tanaman padi yang diterapkan dengan isolat *Penicillium* selama dua bulan. Hal ini menandakan bahwa jamur endofit bukan hanya efektif dalam kondisi laboratorium, tetapi juga menunjukkan potensi yang sama di lingkungan nyata.

Selanjutnya, isolat *Paecilomyces variotii* juga diuji dalam pengendalian *Phytophthora*. Penelitian oleh Sopialena (2023) melaporkan bahwa isolat ini berhasil mengurangi insidensi penyakit hingga 50% dibandingkan kontrol. Dalam pengujian ini, gejala penyakit diukur berdasarkan skala yang menunjukkan tingkat kerusakan pada daun dan batang tanaman. Hasil menunjukkan bahwa *Paecilomyces variotii* secara efektif dapat merangsang mekanisme pertahanan tanaman, memperkuat respons imun tanaman terhadap infeksi patogen.

Pengujian lebih lanjut dilakukan dengan mengamati efek jamur endofit terhadap *Cercospora leaf spot*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi jamur endofit dapat mengurangi kejadian penyakit tersebut hingga 35%, menjadikannya alternatif yang menarik dibandingkan dengan pestisida kimia. Dalam pengamatan ini, penyebaran dan keparahan gejala

penyakit dinilai berdasarkan kuadrat meter tanaman, dan hasilnya menunjukkan bahwa tanaman yang diterapkan dengan jamur endofit jauh lebih sehat dan produktif dibandingkan dengan kontrol. Grafik yang menunjukkan pengurangan gejala *Cercospora leaf spot* sebagai hasil aplikasi jamur endofit dapat dilihat di bawah.

Terakhir, hasil penelitian mengindikasikan bahwa jamur endofit tidak hanya berfungsi sebagai agen pengendalian hayati, tetapi juga berperan dalam meningkatkan kesehatan tanah dan tanaman secara keseluruhan. Dalam uji lapangan yang dilakukan, tanaman yang diobati dengan jamur endofit menunjukkan peningkatan hasil panen rata-rata sebesar 20% dibandingkan dengan kontrol. Ini menunjukkan bahwa efikasi jamur endofit dalam mengendalikan penyakit juga berkontribusi pada peningkatan produktivitas pertanian secara berkelanjutan. Penemuan ini sangat penting dalam konteks pertanian organik, di mana penggunaan bahan kimia perlu diminimalkan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan kesehatan lingkungan.

E. Peningkatan Ketahanan Tanaman

Jamur endofit terbukti efektif dalam mengendalikan penyakit dan meningkatkan kesehatan serta produktivitas tanaman, seperti pada penelitian Sopiaena (2023) dengan isolat *Trichoderma harzianum* pada tanaman padi. Akar tanaman yang diberi perlakuan jamur endofit ini menunjukkan peningkatan pertumbuhan hingga 15% dibandingkan kontrol, dengan rata-rata panjang akar mencapai 21 cm pada perlakuan *Trichoderma harzianum* dibandingkan dengan 18 cm pada tanaman kontrol. Peningkatan ini memperbaiki kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi dan air. Selain itu, penggunaan jamur endofit juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan, seperti yang terlihat pada aplikasi

Penicillium chrysogenum pada tanaman cabai dan tomat di Kalimantan Timur. Tanaman yang diterapkan dengan *Penicillium* mengalami penurunan kerugian akibat kekeringan hingga 30%, dengan hasil panen cabai yang meningkat 18% dibandingkan dengan kontrol, yang berkontribusi pada peningkatan hasil panen.

Selain manfaat pada ketahanan terhadap penyakit dan stres, jamur endofit juga meningkatkan kualitas hasil pertanian. Penelitian pada tanaman padi dengan aplikasi *Aspergillus niger* menunjukkan peningkatan bobot 1000 biji hingga 20%, dengan bobot rata-rata 28 gram per 1000 biji pada perlakuan *Aspergillus niger* dibandingkan dengan 23 gram pada tanaman kontrol. Ini menunjukkan peningkatan ukuran dan kualitas butir padi yang lebih besar dan lebih padat. Temuan ini mendukung peran penting jamur endofit dalam pertanian organik, mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia, dan mendukung keberlanjutan produksi pertanian dengan hasil yang lebih berkualitas dan ramah lingkungan.

F. Hasil Aplikasi di Lapangan

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sopiarena mengenai aplikasi jamur endofit dalam pengendalian penyakit tanaman menunjukkan dampak signifikan di lapangan, terutama di wilayah Kalimantan. Dalam uji coba yang dilakukan di beberapa desa pertanian di Kalimantan Timur, aplikasi isolat *Trichoderma harzianum* dan *Penicillium chrysogenum* pada tanaman padi menghasilkan pengurangan insidensi penyakit seperti *Fusarium wilt* dan *Rhizoctonia solani* hingga 75% dan 60%, masing-masing. Penerapan jamur endofit ini dilakukan dengan metode penyemprotan dan pencampuran media tanam, yang memberikan hasil positif dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen.

Selain pengendalian penyakit, dampak positif dari aplikasi jamur endofit ini juga terlihat dalam peningkatan produktivitas tanaman. Petani yang menerapkan jamur endofit melaporkan peningkatan hasil panen padi rata-rata sebesar 20-30% dibandingkan dengan petani yang tidak menggunakan jamur ini. Penelitian di lapangan menunjukkan bahwa tanaman yang diobati dengan jamur endofit memiliki pertumbuhan vegetatif yang lebih baik, ditandai dengan ukuran batang yang lebih besar dan jumlah daun yang lebih banyak. Hal ini tidak hanya meningkatkan jumlah hasil panen, tetapi juga kualitas biji yang dihasilkan.

Dalam konteks pertanian organik, penerapan jamur endofit juga memberikan dampak yang signifikan terhadap kesehatan ekosistem pertanian. Dengan mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia, penggunaan jamur endofit membantu menjaga keseimbangan ekosistem, meningkatkan kesehatan tanah, dan mendukung keanekaragaman hayati. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa area pertanian yang menerapkan jamur endofit memiliki populasi organisme pengurai dan mikroba tanah yang lebih tinggi, yang berkontribusi pada kesuburan tanah jangka panjang. Dengan demikian, penggunaan jamur endofit sebagai agen pengendalian hayati berpotensi memperbaiki kualitas dan produktivitas lahan pertanian secara berkelanjutan.

Penerapan lapangan jamur endofit juga memberikan keuntungan ekonomi bagi petani. Dengan peningkatan hasil panen dan kualitas produk, petani dapat meningkatkan pendapatan mereka. Hasil wawancara dengan petani di Kalimantan menunjukkan bahwa sebagian besar petani yang menerapkan jamur endofit berhasil memperoleh harga yang lebih baik di pasar karena kualitas hasil panen yang meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa inovasi berbasis bioteknologi seperti penggunaan jamur endofit dapat menjadi strategi yang efektif dalam

meningkatkan kesejahteraan petani di era pertanian organik.

Akhirnya, keberhasilan penerapan jamur endofit di lapangan tidak hanya memberikan manfaat langsung bagi petani, tetapi juga menjadi model bagi praktik pertanian berkelanjutan di wilayah lain. Melihat hasil yang menjanjikan dari penelitian Sopalena, para peneliti dan praktisi pertanian di berbagai daerah di Indonesia mulai mengadopsi teknologi ini untuk mengatasi tantangan serupa dalam pertanian organik. Dengan pengembangan lebih lanjut dan diseminasi informasi mengenai penggunaan jamur endofit, diharapkan praktik pertanian organik dapat terus berkembang, sehingga meningkatkan ketahanan pangan dan keberlanjutan sistem pertanian di Indonesia.

G. Diskusi

1. Perbandingan dengan Studi Lain

Hasil penelitian Sopalena mengenai aplikasi jamur endofit untuk pengendalian penyakit tanaman di sistem pertanian organik menunjukkan hasil yang konsisten dengan penelitian lain di bidang yang sama. Sebagai contoh, studi oleh Reddy et al. (2020) melaporkan bahwa aplikasi *Trichoderma* spp. secara signifikan mengurangi insidensi *Rhizoctonia solani* hingga 70% pada tanaman kedelai. Selain itu, penelitian oleh Hussain et al. (2021) juga menemukan bahwa penggunaan jamur endofit dari genus *Penicillium* berhasil meningkatkan ketahanan tanaman tomat terhadap *Fusarium wilt*, dengan pengurangan insidensi penyakit mencapai 80%. Perbandingan ini menunjukkan bahwa jamur endofit memiliki potensi besar sebagai agen pengendalian hayati di berbagai jenis tanaman dan penyakit. Temuan Sopalena memperkuat argumen bahwa jamur endofit dapat digunakan secara efektif dalam pertanian organik, tidak hanya untuk mengendalikan penyakit

tetapi juga untuk meningkatkan kesehatan tanaman secara keseluruhan.

Namun, perbedaan dalam spesies jamur endofit yang digunakan dan metode aplikasi juga dapat mempengaruhi hasil yang diperoleh. Misalnya, Reddy et al. menggunakan metode pencampuran media tanam, sedangkan penelitian Sopiarena mengaplikasikan jamur secara langsung ke tanaman. Metode yang berbeda dapat menghasilkan variasi dalam efektivitas dan dampak jamur endofit. Selain itu, konteks lokal dan kondisi iklim juga dapat mempengaruhi hasil penelitian. Misalnya, penelitian di daerah dengan kelembapan tinggi mungkin menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan daerah kering. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan konteks lokal dalam penerapan jamur endofit sebagai solusi pengendalian penyakit di pertanian organik.

2. Manfaat Jamur Endofit untuk Pertanian Organik

Implikasi praktis dari temuan penelitian Sopiarena sangat signifikan bagi praktik pertanian organik. Dengan semakin meningkatnya kesadaran akan dampak negatif penggunaan pestisida kimia terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, penggunaan jamur endofit sebagai alternatif untuk pengendalian hayati menawarkan solusi yang ramah lingkungan. Jamur endofit tidak hanya mengendalikan penyakit tanaman tetapi juga meningkatkan ketahanan dan kesehatan tanaman secara keseluruhan. Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi jamur endofit dapat meningkatkan hasil panen dan kualitas produk, yang sangat penting bagi petani organik dalam menghadapi persaingan pasar yang ketat.

Lebih lanjut, penggunaan jamur endofit dapat membantu meningkatkan efisiensi pengendalian hayati di sistem pertanian organik. Dengan mengandalkan mekanisme alami yang dimiliki oleh

jamur endofit, seperti kompetisi ruang dan produksi senyawa antimikroba (Aji, 2022). Petani juga dapat mengurangi ketergantungan mereka pada pestisida kimia. Hal ini tidak hanya mengurangi biaya produksi, tetapi juga memperbaiki keberlanjutan praktik pertanian. Mengingat bahwa konsumen semakin memilih produk organik yang sehat dan bebas dari bahan kimia, adopsi jamur endofit dalam pertanian organik dapat menjadi langkah strategis untuk meningkatkan daya saing produk pertanian.

Selain penelitian-penelitian mengenai jamur endofit yang sudah dilakukan, Hasil penelitian mengenai jamur endofit ini juga sudah dipatenkan pada Paten No. S00201806141 mengenai Pupuk Organik yang mengandung jamur-jamur endofit. Selanjutnya juga sudah dipatenkan mengenai metoda pembuatan pestisida hayati yang mengandung jamur-jamur endofit pada Paten No. S00202101518.

3. Tantangan Implementasi

Meskipun potensi jamur endofit sangat besar, ada beberapa tantangan yang mungkin dihadapi dalam penerapan luas teknologi ini dalam skala besar. Salah satu tantangan utama adalah adaptasi jamur endofit terhadap kondisi lingkungan yang berbeda. Setiap daerah memiliki kondisi tanah, iklim, dan biodiversitas mikroba yang unik, yang dapat mempengaruhi efektivitas jamur endofit. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi spesies jamur endofit yang paling cocok untuk kondisi lokal dan untuk mengembangkan formulasi yang optimal untuk aplikasi di lapangan.

Tantangan lainnya adalah pengembangan formulasi produk yang efektif. Meskipun aplikasi jamur endofit menunjukkan hasil yang menjanjikan, formulasi yang mudah digunakan dan tahan lama masih diperlukan untuk meningkatkan adopsi oleh petani. Teknologi pengemasan dan distribusi juga

harus dipertimbangkan untuk memastikan bahwa jamur endofit tetap hidup dan efektif saat sampai di tangan petani. Selain itu, pendidikan dan pelatihan bagi petani organik juga penting untuk meningkatkan pemahaman mereka tentang manfaat dan cara penerapan jamur endofit.

Akhirnya, penerimaan oleh petani organik menjadi kunci keberhasilan implementasi jamur endofit. Banyak petani mungkin ragu untuk beralih dari metode konvensional yang telah mereka gunakan selama ini, terutama jika mereka tidak sepenuhnya memahami manfaat jangka panjang dari penggunaan jamur endofit. Oleh karena itu, pendekatan kolaboratif antara peneliti, pemerintah, dan petani sangat penting untuk membangun kepercayaan dan mendorong adopsi teknologi ini. Dengan memberikan bukti empiris dan demonstrasi langsung mengenai manfaat jamur endofit, diharapkan lebih banyak petani akan bersedia menerapkan metode pengendalian hayati ini dalam praktik pertanian mereka.

H. Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan oleh Sopialena mengenai peran jamur endofit dalam pengendalian penyakit tanaman memberikan wawasan berharga mengenai potensi jamur ini sebagai agen pengendalian hayati yang ramah lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan jamur endofit, seperti *Trichoderma*, *Penicillium*, dan *Paecilomyces*, secara signifikan dapat mengurangi insidensi berbagai penyakit tanaman, seperti *Fusarium wilt* dan *Rhizoctonia solani*, serta meningkatkan kesehatan dan produktivitas tanaman padi. Temuan ini menegaskan bahwa jamur endofit tidak hanya berfungsi sebagai pengendali patogen, tetapi juga sebagai peningkat ketahanan tanaman, menjadikannya pilihan yang menarik dalam sistem pertanian organik.

Implikasi dari penelitian ini sangat penting untuk keberlanjutan praktik pertanian. Dalam konteks yang semakin mengkhawatirkan terkait penggunaan pestisida kimia yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, jamur endofit menawarkan solusi yang selaras dengan prinsip-prinsip pertanian organik. Dengan mengadopsi teknologi berbasis jamur endofit, petani dapat mengurangi ketergantungan pada bahan kimia, meningkatkan kesehatan tanah, serta meningkatkan hasil dan kualitas produk pertanian. Selain itu, penggunaan jamur endofit mendukung keberagaman hayati dalam sistem pertanian, yang sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem.

Ke depan, ada kebutuhan mendesak untuk melakukan penelitian lebih lanjut yang berfokus pada optimalisasi formulasi produk jamur endofit dan penerapannya dalam berbagai sistem pertanian organik. Penelitian ini dapat mencakup pengembangan formulasi yang lebih efisien dan mudah digunakan, serta penyesuaian spesies jamur endofit dengan kondisi lokal yang berbeda. Selain itu, studi tentang dampak jangka panjang penggunaan jamur endofit dalam sistem pertanian organik perlu dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas dan keberlanjutannya. Rekomendasi ini penting untuk memastikan bahwa penggunaan jamur endofit tidak hanya memberikan manfaat dalam jangka pendek, tetapi juga mendukung pertanian berkelanjutan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji Roka Oktira, Aninda Kumala Sari & Diah Asta Putri. 2022. Isolasi dan Uji Aktivitas Antagonisme Jamur Endofit Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca* L.) Terhadap *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Ilmiah Biologi*. 2654-4571
- Anis, M., & Raghavendra, A. S. 2019. Endophytic fungi as a source of bioactive compounds: An overview. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35(5), 70. doi:10.1007/s11274-019-2626-7.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. 1972. *Illustrated genera of imperfect fungi. Illustrated genera of imperfect fungi*. *Mycologia*.doi: 10.2307/3757954.
- Hussain, A., Zia, A., Shakir, U., & Bibi, H. 2021. Role of endophytic fungi in enhancing tomato resistance against *Fusarium* wilt. *Journal of Plant Pathology*, 103(4), 1133-1145.
- Mungroo, R., & Krishna, K. 2021. Isolation and characterization of endophytic fungi from medicinal plants: Potential sources of bioactive compounds. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 12(4), 1801-1809. doi:10.13040/IJPSR.0975-8232.12(4).1801-09.
- Purnama, N., Aji, R. M., & Fauzi, M. 2022. Potensi jamur endofit dalam meningkatkan produktivitas tanaman padi di Kalimantan Timur. *Jurnal Agroteknologi*, 10(2), 155-162. doi:10.15642/jagrotek.2022.10.2.155-162.
- Reddy, A. C., Duvvada, R. S., & Sahu, S. K. 2020. Efficacy of *Trichoderma* spp. on the management of *Rhizoctonia solani* in soybean. *Plant Disease Research*, 35(2), 113-119.

- Satyavani S.& K. Satyaprasad. 2009. Chitinase and β -1,3-Glucanase Production by *Trichoderma harzianum* and *T. viride*. *J Mycol Pl Pathol*. Vol.39.
- Sopialena, S. Sofian, S., & Alita, 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>
- Sopialena, Suyadi, Sofian, Devi Tantiani & AN Fauzi. 2020. Efektivitas cendawan Endofit Sebagai Pengendali Penyakit Blast Pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agrifor*, 19(2). <http://doi.10.31293af.v19i2.4813>
- Sopialena. 2021. Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan ramah lingkungan melalui pengendalian hayati. Samarinda, Mulawarman University Press. ISBN: 978-623-02-2895-7.
- Sopialena. 2023. Jamur Endofit sebagai Solusi Pengendalian Hayati dalam Pertanian Organik: Temuan dan Implikasi. Penelitian Internal, Universitas [Universitas Mulawarman].
- Sopialena, Encik Akhmad Syaifudin & Rusdiana. 2021. Kemampuan Jamur Endofit Padi dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur Penyebab Penyakit Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*. 42-49. 2621-394.
- Sturz, A. V., & Nowak, J. 2000. Endophytic bacteria in the rhizosphere: The role of beneficial endophytes in soil health and plant development. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(2), 126-134.
- Yulianti Titiek. 2013. Pemanfaatan Endofit Sebagai Agensia Pengendali Hayati Hama dan Penyakit Tanaman. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. 2085-6717.
- Zhang, J., Yang, Y., Liu, Y., & Chen, F. 2018. Endophytic fungi and their applications in agriculture: A review. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2540. doi:10.3389/fmicb.2018.02540.

- Zhang, S., Wang, Y., Chen, S., & Li, H. 2020. Biocontrol of plant diseases using endophytic fungi: A review. *Agriculture*, 10(6), 207. doi:10.3390/agriculture10060207.
- Zubair, M., Khan, A. S., & Bafakeeh, O. T. 2021. Biological control of plant diseases using endophytic fungi: Recent advances and future perspectives. *Agronomy*, 11(9), 1692. doi:10.3390/agronomy11091692.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang berfokus pada eksplorasi, identifikasi, dan karakterisasi jamur endofit serta perannya dalam pengendalian organisme pengganggu tumbuhan, terutama patogen penyebab penyakit tanaman telah dilaksanakan sejak tahun 2018 hingga saat ini. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian payung yang melibatkan serta mendapatkan dukungan dari berbagai pihak, termasuk pimpinan, rekan sejawat, mahasiswa, dan mitra peneliti, baik dari Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman maupun dari fakultas dan institusi lain di luar Universitas Mulawarman, dengan pendanaan dari berbagai sumber. Oleh karena itu, penulis mengucapkan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Rektor Universitas Mulawarman, Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Dekan Fakultas Pertanian, Ketua Jurusan Agroekoteknologi, dan Kepala Laboratorium Hama dan laboran Ilmu Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman.
2. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui hibah penelitian Fundamental-DIKTI (2013-2014; 2014-2015), penelitian Terapan (2013-2014; 2015-2016), Kemendikbud-RISTEK (2024-2025), Penelitian Hibah BOPTN (2020-2021; 2021-2022; 2024-2025).
3. Rekan dan mitra peneliti yang terlibat, yaitu Prof. Widi Sunaryo, S.P., M.Si., Prof. Nurhasanah, S.P., M.Si., Kadis Mujiono, S.P., Ph.D., Dr. Ndan Imang., Dr. A. Syakhрил, Andi Suryadi, SP., MP., Sofian, SP., M.Sc. dan Rosfiansyah, SP., MP., Ph.D.
4. Mahasiswa-mahasiswa S1 Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman yaitu Novita Aditya dan Andi Juliano, dan mahasiswa S2 Fakultas

Pertanian Universitas Mulawarman yaitu Devi Tantiani, SP., MP., dan Azis Nur Fauzi.

Rasa terimakasih yang sebesar-besarnya juga penulis sampaikan kepada keluarga tercinta yang membuat semua karya ini menjadi mungkin untuk terlaksana: ayahanda alm. Zamzam dan ibunda almh. Hj. Hairani; suami alm. Wardhana Kassah dan ananda tercinta Anggia Mayangasari Wardhana, Anggia Prameswari Wardhana beserta Ibadurrahman Ali, dan Anggia Rarasati Wardhana beserta Ari Agus Saputra Aruzi, juga kepada saudari-saudari tersayang Ida Karni beserta keluarga; Rita Ratina beserta keluarga; dan Asmira beserta keluarga.



CURRICULUM VITAE

Nama : Prof. Ir. Sopiarena, M.P., Ph.D.
NIP : 19630091988032001
NIDN : 0009106303
Tempat, Tanggal
Lahir : Samarinda, 9 Oktober 1963
Agama : Islam
Email : sopiarena88@gmail.com
No HP : 082252247875
Fakultas : Pertanian
Pangkat, Gol. : Pembina
Jabfung, TMT : Guru Besar
TMT Golongan : 1 September 2024
ID SINTA : 5988089
ID SCOPUS : 57193899578

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sarjana (S1) : Sarjana Pertanian, Universitas Mulawarman
2. Magister (S2) : Pertanian, Universitas Brawijaya
3. Doktor (S3) : University of The Philippines

RIWAYAT PENELITIAN

Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
		Sumber	Jumlah (Rp. Juta)
2013	1. Pengaruh aplikasi <i>Trichoderma</i> sp. terhadap intensitas penyakit pada tanaman cabai besar (<i>Capsicum annum</i> L.).	Kemenristekdikti	60 Juta
	2. Studi Keanekaragaman Mikroba Tanah	Kemenristekdikti	60 Juta

Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
		Sumber	Jumlah (Rp. Juta)
	Pada Lahan Revegetasi Tambang Batu Bara		
2014	1. Pengendalian Hayati Menggunakan <i>Trichoderma Sp.</i> Terhadap Penyakit Layu <i>Fusarium Oxysporum</i> Pada Varietas Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i>).	Kemenristekdikti	60 Juta
		Kemenristekdikti	60 Juta
		Kemenristekdikti	70 Juta
	2. Efektivitas Beberapa Fungisida Terhadap Perkembangan Penyakit Dan Produksi Tanaman Cabai (<i>Capsicum frutescens</i>)		
	3. Kajian Faktor Iklim Terhadap Dinamika Populasi <i>Pyricularia oryzae</i> Pada Beberapa Varietas Padi Sawah (<i>Oryza sativa</i>)		
2015	1. Efektivitas Beberapa Fungisida Nabati Terhadap Perkembangan Penyakit Dan Produksi Tanaman Cabai (<i>Capsicum frutescens</i>)	Kemenristekdikti Kemenristekdikti	60 juta 70 juta
	2. Kajian Faktor Iklim Terhadap Dinamika Populasi <i>Pyricularia oryzae</i>		

Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
		Sumber	Jumlah (Rp. Juta)
	Pada Beberapa Varietas Padi Sawah (<i>Oryza sativa</i>)(Lanjutan)		
2016	1. Uji Efektivitas Jamur <i>Beauveria bassiana</i> Terhadap Perkembangan Hama Tanaman Padi <i>Oriza Sativa L.</i>	Kemenristekdikti	50 juta
2017	1. Uji Efektivitas Jamur <i>Beauveria bassiana</i> Terhadap Perkembangan Hama Tanaman Padi <i>Oriza Sativa L.</i> (Lanjutan) 2. Identifikasi penyakit pada tanaman Padi di Kalimantan Timur	Kemenristekdikti Mandiri	50 juta -
	3. The benefit of top soil and fertilizer mixture to improve the ex-coal mining land	Mandiri	20 juta
2018	4. The diversity of Endophytic fungi associated with <i>Piper nigrum</i> in The Tropical Areas	Mandiri	20 juta
2019	5. Diversitas Jamur Endofit pada Tanaman Padi dan Potensi Sebagai Pengendali Hama	Hibah Faperta Unmul	20 juta
2020	6. Efektivitas Jamur Endofit sebagai pengendali	Hibah FAperta Unmul	20 juta

Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
		Sumber	Jumlah (Rp. Juta)
	penyakit Blast secara in Vitro		
2021	7. Investasi jamur endofit terhadap intensitas penyakit, pertumbuhan dan hasil pada beberapa varietas tanaman padi	Hibah Faperta Unmul	20 juta
2023	8. Pestisida nabati untuk mengendalikan Penyakit pada Padi	Hibah Faperta Unmul	20 Juta
	9. Pestisida nabati untuk mengendalikan Penyakit pada tomat	Hibah Faperta Unmul	20 Juta
	10. Identifikasi jamur endofit dan potensinya mengendalikan penyakit pada buah naga	Hibah Faperta Unmul	20 Juta
	11. INDIGENOUS KALTIM DAN EFEKTIVITASNYA PADA HAMA WALANG SANGIT SECARA IN-VITRO	Hibah Faperta Unmul	20 Juta
2024	12. Pengujian Biopestisida untuk Mengendalikan Penyakit pada Tanaman Padi	BIMA	347 juta
	13. Inventarisasi dan Karakterisasi Jamur Endofit pada Kelompok Piper	BIMA	53 juta

Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
		Sumber	Jumlah (Rp. Juta)
	14. Identifikasi Jamur Endofit dan Antagonis patogen Buah Naga	Hibah BOPTN	20 juta

PENGABDIAN MASYARAKAT

Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
		Sumber	Jumlah (Rp juta)
2013	Sebagai Tenaga Ahli pada DPRD Provinsi Kalimantan Timur	APBD	
2014	Sebagai Tenaga Ahli pada DPRD Provinsi Kalimantan Timur	APBD	
2015	Sebagai Tenaga Ahli pada DPRD Provinsi Kalimantan Timur	APBD	
2016	Sebagai Tenaga Ahli pada DPRD Provinsi Kalimantan Timur	APBD	
2017	Sebagai Tenaga Ahli pada DPRD Provinsi Kalimantan Timur	APBD	
2018-2019	Sebagai Team Percepatan Kaltara	APBD	
2022	Adopsi Teknologi Pisang Sungking di Kabupaten Kutai Kartanegara	BIMA	
2023	Introduksi Teknologi Pestisida Hayati di Lempake, Samarinda	BOPTN	
2023	Introduksi Teknologi Pestisida Nabati di Loajanan, Samarinda	Mandiri	

PUBLIKASI ILMIAH DALAM JURNAL

Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor/ halaman	Nama Jurnal	Alamat URL
2014	Efektivitas Cara Penularan Virus Mozaik pada Tanaman Cabe	Vol. XIII No.2	AGRIFOR	//www.google.com/url?sa=t&rct=j&q
2015	Ketahanan Beberapa Varietas Tomat terhadap Penyakit Fusarium Oxysforum dengan Pemberian Trichoderma	Vol. XIV, No.1	AGRIFOR	//www.google.com/url?sa=t&rct=j&q
2016	Efektifitas Beberapa Fungisida Terhadap Perkembangan Penyakit Dan Produksi Tanaman Cabai (<i>Capsicum frutescens</i>)	Vol 15, No 1 (2016)	AGRIFOR	//www.google.com/url?sa=t&rct=j&q
2017	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inventarisasi Cendawan Mikro Serta Potensinya Sebagai Biofertilizer Dan Agensia Pengendali Hayati Pada Lahan Reklamasi Tambang Batu Bara Di Samarinda 2. Study of climatic factors on the population dynamics of <i>Pyricularia Oryzae</i> on some varieties of paddy rice (<i>Oryza sativa</i>) 3. The benefit of top soil and fertilizer mixture to improve the ex-coal mining land 4. Genus Nematoda Entomopatogen pada Lahan Lebak Padi Sawah di Kecamatan Muara Wis Kab Kutai Kartanegara 	<p>16 No.218, Number 2</p> <p>Vol. 9, No. 1</p> <p>Prosiding KAIB</p>	<p>AGRIFOR</p> <p>BIODIVERSITAS</p> <p>Nusantara Bioscience</p>	<p>//www.google.com/url?sa=t&rct=j&q</p> <p>https://www.google.com/search?q=sopialena+biodiversitas&biw=</p> <p>http://biosains.mipa.uns.ac.id/N/N0901.htm</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 5. The diversity of Endophytic fungi associated with Piper 		Biodiversitas	

Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor/ halaman	Nama Jurnal	Alamat URL
	ningrum in The Tropical Areas			
2018	The Role of Neem Leaves as Organic Pesticides in Chilli pepper		Nusantara Bioscience	
2018	Diversitas Jamur Endofit pada Tanaman Padi dan Potensi Sebagai Pengendali Hama		JATL	
2019	Efektivitas Jamur Endofit sebagai pengendali penyakit Blast secara in Vitro		Agrifor	
2020	Investasi jamur endofit terhadap intensitas penyakit, pertumbuhan dan hasil pada beberapa varietas tanaman padi		Agrifor	
2021	Influence of biopestices on growth cause by Antracnose in Cayene Pepper		JATL	
2019	Plant Resistance to leave and their effect on Paddy Rice Plant in Kutai Barat		Asean Journal	
2019	Diversity of Diseases of Rice in Kutai Kartanegara, Indonesia		Asean Journal	
	High Conservation Value Consideration in The Extrication of Forest Area		Tadulako Law Review, Sinta-3	
2020	Control of Rice Diseases using Endophytic Fungi	Penyenggaraan Unpad	Prosiding Nasional on Earth and Environmental Science	
2021	Control of Bacterial Leaf Diseases using <i>Paenobacillus</i> sp.		International Prociding Scopus	

Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor/ halaman	Nama Jurnal	Alamat URL
2021	Potential of <i>Paenobacillus</i> sp. and <i>Tricoderma</i> sp. to control Leaf Blight on Maizw		International Prociding Scopus	
2021	Control of Antracnose Disease using Endophytic Fungi	Bali, 2021	International Prociding Scopus	
2021	Investments of <i>Metarhizium</i> sp. and <i>Trichoderma</i> sp. in Post Coal Mining Soil to Soil Fertility, Growth and Yield of Tomato	Bali, 2021	International Prociding Scopus	
2021	Association of Endophytic Fungi to Rice Plants	Samarinda, 2021	International Prociding (ISBN)	
2022	Microbial Diversity in Post-Mining Land in Makroman Kelurahan, Sambutan District Samarinda City		Proceedings of the International Conference on Tropical Agrifood , Feed and Fuel (ICTAFF 2021)	
2022	Ecosystem Monitoring on Leaves of Leaf Rust Disease of Maize (<i>Zea mays</i> L.)		Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture 37 (1), 89-99	

Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor/ halaman	Nama Jurnal	Alamat URL
2022	Control of Antracnose Disease in Tomato (Solanum Lycopersicum) Using Endophytic Fungi		KnE Life Sciences Issue title: The First Asian PGPR Indonesian Chapter International e-Conference 2021 Pages: 393–408 DOI: 10.18502/kls.v7i3.11147	
2023	Microbial Diversity in Post-Mining Land in Makroman Kelurahan, Sambutan District Samarinda City	MAN	Proceedings of the International Conference on Tropical Agrifood, Feed and Fuel (ICTAFF 2021)	
2024	Antagonist Test of Trichoderma sp and Gliocladium sp Against Fungal Pathogens That Cause Diseases on Tomato Plant		JATL	

Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor/ halaman	Nama Jurnal	Alamat URL
2024	Assessment of nematode and microbial diversity and screening of entomopathogens in revegetated post-coal-mining land in Kutai Kartanegara District, East Kalimantan, Indonesia		Biodiversitas	
2025	Identification of endofitic fungi and Antagonis test to pathogens of Dragon Fruit		Atlantis International Proceeding	

PEMAKALAH SEMINAR ILMIAH (ORAL PRESENTATION)

No	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Masyarakat Biodiversitas Indonesia	The benefit of top soil and fertilizer mixture to improve the ex-coal mining land	Balikpapan, 2015
2	Masyarakat Biodiversitas Indonesia	Study of climatic factors on the population dynamics of Pyricularia Oryzae on some varieties of paddy rice (Oryza sativa)	Samarinda, 2016
3	Masyarakat Biodiversitas Indonesia	Efektifitas Beberapa Fungisida Terhadap Perkembangan Penyakit Dan Produksi Tanaman Cabai (Capsicum frutescens)	Samarinda, 2016
4	IC TROOPS International conference	Identification of soil microbes at Rhizosphere in a variety of Jeli	Samarinda, 2017

No	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
5	IDB International Conference	Efektifitas Beberapa Fungisida Nabati Terhadap Perkembangan Penyakit Dan Produksi Tanaman Cabai (<i>Capsicum frutescens</i>)	Samarinda, 2017
6	Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas	The Role of Neem Leaves as Organic Pesticides in Chilli pepper	Bandung, 2018
7	Seminar Internasional Masyarakat Biodiversitas	The diversity of Endophytic fungi associated with <i>Piper nigrum</i> in The Tropical Areas	Bandung, 2018
8	Seminar Nasional	Jamur Endofit dan pengendalian Penyakit Cabai	Unpad, 2020
9	International Conference	Control of Bacterial Leaf Diseases using <i>Paenobacillus</i> sp.	Unpatti, 2020
10	International Conference	Potential of <i>Paenobacillus</i> sp. and <i>Trichoderma</i> sp. to control Leaf Blight on Maizw	Unpatti, 2020
11	International Conference: PGPR	Control of Antracnose Disease using Endophytic Fungi	Bali, 2021
12	International Conference: PGPR	Investments of <i>Metarhizium</i> sp. and <i>Trichoderma</i> sp. in Post Coal Mining Soil to Soil Fertility, Growth and Yield of Tomato	Bali, 2021
13	International Conference (ICTROPS)	Association of Endophytic Fungi to Rice Plants	Samarinda, 2021
14	ICTAFF-3	Antagonist Test of <i>Trichoderma</i> sp and <i>Gliocladium</i> sp Againsts	Balikpapan 2023

No	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
		Fungal Pathogens That Cause Diseases on Tomato Plant	
15	ICTAFF-4	Identification of endofitic fungi and Antagonis test to pathogens of Dragon Fruit	Samarinda, 2024

KARYA BUKU

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
1.	2017	Segitiga Penyakit	120	Mulawarman Press
2.	2018	Pengendalian Hayati dengan memberdayakan Potensi Mikrobial	99	Mulawarman Press
3.	2019	Penyakit Penting Pada Tanaman Utama di Kalimantan Timur	221	Mulawarman Press
4.	2020	Mikrobial Pertanian	182	Mulawarman Press
5	2021	Jamur Endofit Sebagai Pengendali Penyakit pada Padi (Book Chapter)	9	Book Chapter De Publish
6	2021	Pengendalian Organisme Pengganggu	10	Book Chapter De Publish

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
		Ramah Lingkungan melalui Pengenalan Hayati (Book Chapter)		
7	2021	Pengendalian Terpadu dan Pengendalian Hayati Terhadap Organisme Pengganggu Tumbuhan untuk Pertanian Masa Depan (Book Chapter)	9	Book Chapter De Publish
8	2021	Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan melalui Budidaya Tanaman Untuk Pertanian Masa Depan (Book Chapter)	8	Book Chapter De Publish
	2022	Pengelolaan terpadu terhadap Patogen Jamur Tumbuhan	120	DePublish
	2022	Pengelolaan terpadu	112	DePublish

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
		terhadap Patogen Bakteri Tumbuhan		
	2023	Ketahanan Tanaman Terhadap Patogen	100	DePublish
	2024	Urgensi dan Konsep Perlindungan Tanaman Berkelanjutan (Book Chapter)		GET Press
	2025	Membangun Ketahanan Pangan (Book Chapter)		GET Press
	2025	Pertanian Ramah Lingkungan: Pengendalian Hama, Penyakit dan Gulma (Book Chapter)		GET Press

PEROLEHAN HAKI

Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
Pupuk Organik Plus Plus	2019	Paten Sederhana	
Praktik Pembuatan Asam Amino	2023	Hak Cipta Nasional	
Metoda Pembuatan Pestisida Hayati	2024	Paten Sederhana	
Diseminasi Teknologi Budidaya Dan Pencegahan	2024	Hak Cipta Nasional	

Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
Penyakit Layu Bakteri (Bakterial Wilt) Tanaman Pisang Sunking Hasil Kultur Jaringan			

PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA DALAM 10 TAHUN TERAKHIR

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang telah diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
1.	Perda Pendidikan di Kalimantan Timur	2010	Kaltim	Ada beberapa revisi
2.	Perda Tenaga Kerja Lokal	2012	Kaltim	Baik

PENGHARGAAN DALAM 10 TAHUN TERAKHIR (PEMERINTAH, INSTITUSI ATAU ASOSIASI LAINNYA)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Penghargaan Satyalencana	Presiden RI	2015
2.	Penghargaan Satyalencana 30 tahun	Presiden RI	2019

PENGALAMAN MENGAJAR

a. Mata kuliah dalam Program Studi S1 di Fakultas Pertanian Unmul 5 Tahun Terakhir.

No	Nama mata kuliah	SKS		Tahun Ajaran	Tempat Mengajar
		Sem Gasal	Sem Genap		
1	Ilmu Penyakit Tumbuhan	X			Fakultas Pertanian Unmul

No	Nama mata kuliah	SKS		Tahun Ajaran	Tempat Mengajar
		Sem Gasal	Sem Genap		
2	Penyakit Penting Tanaman Utama	X			Fakultas Pertanian Unmul
3	Pengendalian Terpadu		X		Fakultas Pertanian Unmul
4	Epidemiologi		X		Fakultas Pertanian Unmul
5	Pengendalian Hayati		X		Fakultas Pertanian Unmul

b. Mata kuliah dalam Program Studi S2 di Fakultas Pertanian Unmul 5 Tahun Terakhir

No	Nama mata kuliah	SKS		Tahun Ajaran	Tempat Mengajar
		Sem Gasal	Sem Genap		
1	Dinamika Populasi	X			S2 Tropika Basah Faperta Unmul
3	Pengelolaan Organisme Pengganggu Tumbuhan		X		S2 Tropika Basah Faperta Unmul
4	Pengendalian Hayati Lanjutan		X		S2 Tropika Basah Faperta Unmul
5	Mikologi		X		S2 Tropika Basah Faperta Unmul
6	Interaksi Mikrobial dan Tumbuhan	X			S3 Tropika Lembab Faperta Unmul