



Implementasi Pengendalian Penyakit Anggrek Alam di Kebun Raya melalui Mikoriza Endofit

Mahfut^{1*}, Admi Syarif², Sri Wahyuningsih¹, Diana Salsabila¹, Budi Asmanto³, Agus Rahardi³

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Jalan Prof. Soemantri Brodjonegoro No.1 Gedong Meneng, Rajabasa, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

²Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Jalan Prof. Soemantri Brodjonegoro No.1 Gedong Meneng, Rajabasa, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

³Program Studi Doktoral MIPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Jalan Prof. Soemantri Brodjonegoro No.1 Gedong Meneng, Rajabasa, Bandar Lampung, Indonesia, 35141

*Email koresponden: mahfut.mipa@fmipa.unila.ac.id

ARTICLE INFO

Article history

Received: 13 Aug 2025

Accepted: 30 Sep 2025

Published: 30 Nov 2025

Kata kunci:

Anggrek alam;
Kebun Raya Liwa;
Mikoriza endofit;
Penyakit;
Uji antagonistik

Keywords:

Antagonistic tests;
Diseases;
Endophytic
mycorrhiza;
Liwa botanical garden;
Native orchids

ABSTRAK

Pendahuluan: Anggrek alam merupakan flora endemik di Sumatera bagian selatan yang menjadi salah satu koleksi unggulan di Kebun Raya Liwa. Berdasarkan analisis situasi, diketahui beberapa individu anggrek alam menunjukkan gejala terinfeksi penyakit. Pengendalian penyakit sampai saat ini masih menggunakan pestisida yang membahayakan lingkungan. Hasil penelitian kami sebelumnya telah menghasilkan metode dan solusi baru dalam pengendalian infeksi penyakit pada anggrek alam melalui uji antagonistik induksi ketahanan mikoriza endofit. Metode tersebut dinilai terbukti sangat efektif dalam perlindungan anggrek alam melalui penurunan infeksi dan penyebaran penyakit. Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat-Diseminasi Hasil Riset (PkM-DHR) ini bertujuan untuk memperkenalkan kepada karyawan Kebun Raya Liwa metode tersebut sebagai alternatif pengendalian penyakit yang ramah lingkungan, murah, efektif, dan efisien. **Metode:** Kegiatan pengabdian ini dilakukan melalui sosialisasi, pelatihan, pendampingan, dan evaluasi. Evaluasi dilakukan melalui pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta. **Hasil:** Peserta kegiatan menunjukkan antusias dan partisipasi yang aktif selama kegiatan. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan rata-rata kemampuan peserta sebesar 23% dengan peningkatan tertinggi pada materi Pemberdayaan Masyarakat dalam Konservasi Anggrek (26%), diikuti Keanekaragaman dan Penyakit Anggrek (20%), Pengendalian Hayati dengan Uji Antagonistik (19%), dan Peran Mikoriza Endofit dalam Ketahanan Anggrek (18%). Hal ini menunjukkan bahwa metode penyelesaian masalah yang diterapkan terbukti efektif. **Kesimpulan:** Kegiatan sosialisasi yang diikuti pelatihan, pendampingan, dan evaluasi ini efektif dalam meningkatkan pengetahuan dan kemampuan karyawan Kebun Raya Liwa dalam pengendalian penyakit alam menggunakan mikoriza endofit secara mandiri.

ABSTRACT

Background: The native orchids are endemic flora of southern Sumatra and represent one of the flagship collections of the Liwa Botanical Garden. Based on a situational analysis, it was found that several wild orchid individuals showed symptoms of disease infection. Disease control is still relying on pesticides, which are harmful to the environment. Our previous research has developed a new method and solution for controlling disease infections in wild orchids through antagonistic testing and the induction of endophytic mycorrhizal resistance. This method has been proven to be highly effective in protecting wild orchids by reducing infection and the spread of diseases. The Community Service Dissemination of Research Results (PkM-DHR) program

aimed to introduce this environmentally friendly, low-cost, effective, and efficient method as an alternative disease control strategy to the staff of the Liwa Botanical Garden. **Methods:** The program included socialization, training, mentoring, and evaluation. Evaluation was conducted using pre- and post-tests to assess participants' improvement. **Results:** Participants showed enthusiasm and active involvement throughout the activities. Evaluation results indicated an average improvement. **Results:** Participants showed enthusiasm and active involvement throughout the activities. Evaluation results indicated an average improvement of 23%, with the highest improvement in the material on Community Empowerment in Orchid Conservation (26%), followed by Orchid Diversity and Diseases (20%), Biological Control with Antagonistic Testing (19%), and the Role of Endophytic Mycorrhiza in Orchid Resistance (18%). These findings demonstrate the effectiveness of the method applied. **Conclusion:** The combination of dissemination, training, mentoring, and evaluation proved effective in enhancing the knowledge and skills of Liwa Botanical Garden staff in independently applying endophytic mycorrhizae for sustainable orchid disease management.



© 2025 by authors. Lisensi Jurnal Solma, UHAMKA, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

PENDAHULUAN

Kebun Raya Liwa merupakan kebun raya daerah pengembangan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang terletak di Desa Pekon Kubu Perahu, Kecamatan Balik Bukit Liwa, Kabupaten Lampung Barat (Mahfut, 2023^b). Salah satu jenis koleksi unggulan Kebun Raya Liwa adalah anggrek alam yang bersifat endemik (Putra *et al.*, 2024) dan perlu dijaga kelestariannya (Mahfut, 2020^b; 2023^a). Sejauh ini, Kebun Raya Liwa telah melakukan pengembangan potensi anggrek alam melalui konservasi eksitu (Mahfut & Daryono, 2014; Mahfut *et al.*, 2020^b).

Berdasarkan penelitian kami sebelumnya (Mahfut, 2019^a; 2019^b; 2020^a; 2021^a; Mahfut *et al.*, 2020^c; 2021^a) ditemukan infeksi penyakit virus, bakteri, jamur, dan campuran pada anggrek alam di Kebun Raya Liwa. Selain itu, berdasarkan informasi langsung dari Kepala UPTD Kebun Raya Liwa, R. Budiman, S.E., diketahui bahwa pihak pengelola belum memiliki pengetahuan identifikasi infeksi penyakit tanaman anggrek serta pengendaliannya. Selama ini, upaya pengendalian penyakit selama ini masih menggunakan pestisida komersial (Mahfut *et al.*, 2020^a; 2025^a) yang mahal dan tidak ramah lingkungan (Mahfut, 2021^b).

Hasil penelitian kami sebelumnya (Mahfut *et al.*, 2019; 2023^a) juga telah berhasil menemukan isolat mikoriza endofit dari akar anggrek alam yaitu *Ceratorhiza* (Mahfut *et al.*, 2021^b) dan *Tricoderma* (Mahfut *et al.*, 2023^b). Hasil uji antagonistik diketahui bahwa mikoriza endofit terbukti mampu menurunkan dan menghambat penyebaran infeksi virus, bakteri, dan jamur pada anggrek alam (Mahfut *et al.*, 2021^b; 2024). Induksi ini menyebabkan terbentuknya peloton, induksi fenol, dan enzim peroksidase (Mahfut *et al.*, 2013^c; 2025^b) yang menyebabkan penebalan dinding sel epidermis dan penurunan replikasi virus (Mahfut *et al.*, 2021^a; 2021^c). Selain sebagai agen pengendalian hayati (biokontrol), mikoriza endofit juga dilaporkan bersifat pupuk hayati (biofertilizer) yang mampu meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan anggrek alam (Mahfut *et al.*, 2020^c; 2021^b).

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat Diseminasi Hasil Riset (PkM-DHR) ini bertujuan untuk implementasi hasil penelitian kami sebelumnya (Mahfut, 2021^b), (Mahfut *et al.*, 2023^a), (Mahfut *et al.*, 2023^b), dan (Mahfut *et al.*, 2023^c). Kegiatan PkM-DHR ini dilakukan dengan implementasi metode pengendalian hayati penyakit anggrek alam menggunakan induksi ketahanan agensia hayati melalui uji antagonistik mikoriza endofit yang diketahui efektif mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit (Mahfut, 2019^a; 2019^b; 2020^a). Kegiatan PkM-DHR ini dinilai sangat penting untuk membantu upaya konservasi anggrek alam di Lampung di era revolusi industri 4.0. melalui pengendalian penyakit yang murah, efektif, dan ramah lingkungan.

METODE PELAKSANAAN

Metode yang diterapkan dalam kegiatan ini mengikuti kerangka pemecahan masalah yang dikembangkan berdasarkan pernyataan (Mahfut *et al.*, 2020; 2021^b; Marjunus *et al.*, 2023; Muslimin *et al.*, 2023) yang menyatakan bahwa penyuluhan melalui ceramah, diskusi, dan latihan soal berfungsi sebagai jembatan antara masyarakat dan penemu teknologi baru. Pelaksanaan kegiatan ini dilakukan dalam empat tahapan yaitu sosialisasi, pelatihan, pendampingan, dan evaluasi (Mahfut & Wahyuningsih, 2019; Mahfut & Yulianty, 2019).

Tahap pertama yaitu persiapan dilakukan melalui koordinasi dengan pihak-pihak terkait, khususnya pihak mitra Kebun Raya Liwa. Tahap kedua yaitu sosialisasi aplikasi mikoriza endofit dalam induksi ketahanan anggrek alam terhadap penyakit. Sosialisasi dilakukan dengan memberikan informasi dan diskusi dengan teknisi lapangan dan pengelola Kebun Raya Liwa. Tahap ketiga yaitu pelatihan yang bertujuan agar teknisi lapangan Kebun Raya Liwa memiliki kemampuan mengaplikasikan mikoriza endofit. Tahap ini dilaksanakan melalui demonstrasi langsung menggunakan mikoriza endofit dilengkapi panduan teknis mengenai dosis, cara aplikasi, dan protokol penggunaan yang telah dipersiapkan. Selain itu, tim PkM-DHR juga memperagakan hasil aplikasi mikoriza endofit berumur satu bulan pada akar anggrek alam yang menunjukkan efek induksi dalam menurunkan infeksi penyakit. Selanjutnya tahapan pendampingan bertujuan agar terwujud kemandirian teknisi lapangan dalam pengelolaan Kebun Raya Liwa melalui transfer ilmu pengetahuan yang dilakukan secara berkala melalui luring dan daring. Tahap terakhir yaitu evaluasi yang dilakukan untuk melihat keberhasilan dari kegiatan melalui *pre-test* dan *post-test*. Indikator keberhasilan kegiatan ini adalah jika terjadi peningkatan kemampuan peserta dengan target minimal kenaikan hasil *post test* dibandingkan *pre-test* adalah 25% (Mahfut *et al.*, 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan PkM-DHR ini dilakukan pada hari Senin, 11 Agustus 2025 secara langsung di aula kantor utama Kebun Raya Liwa. Kegiatan ini dilakukan oleh beberapa dosen dan karyawan di Jurusan Biologi dan Ilmu Komputer, Fakultas MIPA, Universitas Lampung yaitu Dr. Mahfut, M.Sc., Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si., dan Diana Salsabila, S.Si. juga mahasiswa Doktoral MIPA Universitas Lampung yaitu Budi Asmanto, S.T., M.T.I. dan Agus Rahardi, S.Kom, M.TI. Tahapan pelatihan meliputi tahap persiapan, sosialisasi, pelatihan, pendampingan, dan evaluasi.

Tahap Persiapan

Tahap persiapan diawali dengan perijinan dan koordinasi dengan pihak BRIDA Lampung Barat dan Kebun Raya Liwa. Tahap ini ditampilkan pada [Gambar 1](#).

Tahap Sosialisasi

Tahap sosialisasi dilakukan di aula kantor utama Kebun Raya Liwa. Kegiatan ini juga dihadiri oleh Sekretaris Badan Riset dan Inovasi Daerah (BRIDA) Lampung Barat (Agustina Handayani, S.Sos.), Kepala UPTD Kebun Raya Liwa (R. Budiman, S.E.), Karyawan BRIDA Lampung Barat, karyawan Kebun Raya Liwa, serta mahasiswa dengan total peserta 35 orang. Tahap ini dilakukan dengan penyampaian materi tentang pengertian, manfaat, dan aplikasi mikoriza endofit pada anggrek alam oleh tim kegiatan. Tim kegiatan PkM-DHR ini diwakili oleh Dr. Mahfut, M.Sc. (Ketua) dengan bidang kepakaran Biologi Tumbuhan (Botani) dan Penyakit Tumbuhan, yang menyampaikan materi tentang Keanekaragaman dan Penyakit Anggrek di Liwa, serta Peran Mikoriza Endofit dalam Ketahanan Anggrek. Anggota diwakili oleh Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si. dengan bidang keahlian Bioteknologi Tumbuhan yang menyampaikan materi terkait Pengendalian Hayati dengan Uji Antagonistik, serta Pemberdayaan Masyarakat dalam Konservasi Anggrek. Pada tahap ini juga dilakukan *pre-test* untuk mengetahui kemampuan dasar dan pengetahuan para peserta yang dilanjutkan pemberian materi oleh tim ke peserta. Penyampaian materi oleh tim kegiatan PkM-DHR ditampilkan pada [Gambar 2](#).



Gambar 1. Perijinan dan koordinasi tim kegiatan di kantor Badan Riset dan Inovasi Daerah (BRIDA) Lampung Barat (A) dan kantor Kepala UPTD Kebun Raya Liwa (B)



Gambar 2. Penyampaian materi oleh tim kegiatan PKM-DHR, Dr. Mahfut, M.Sc. (A) dan Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si. (B)

Tahap Pelatihan

Pada pelatihan dilakukan melalui demonstrasi aplikasi mikoriza endofit pada anggrek alam mengikuti panduan yang telah dibagikan. Tahapan aplikasi meliputi persiapan media tanam atau substrat, yang harus steril dan bebas dari patogen. Selanjutnya, mikoriza endofit dalam bentuk

cair atau padat disiapkan sesuai dosis yang telah ditentukan. Pada anggrek yang tumbuh di media tanah, mikoriza dapat dicampurkan langsung ke dalam media tanam, sedangkan untuk anggrek epifit, mikoriza diaplikasikan dengan cara merendam akar anggrek dalam larutan mikoriza atau menyemprotkannya secara langsung pada akar yang terpapar udara. Proses ini memastikan bahwa mikoriza dapat langsung berkoloni pada akar anggrek, memberikan manfaat dalam meningkatkan daya tahan tanaman terhadap penyakit serta meningkatkan penyerapan unsur hara.

Selama pelatihan, peserta diberi kesempatan untuk berdiskusi dan mempraktikkan setiap tahapan dengan bimbingan dari tim dosen dan PLP Laboratorium Biomolekuler yang dilibatkan yaitu Diana Salsabila, S.Si. Peserta diajarkan cara yang tepat dalam mengaplikasikan mikoriza pada berbagai jenis anggrek, baik yang tumbuh di tanah maupun yang epifit, serta diberikan pemahaman terkait manfaat dan efek dari aplikasi mikoriza endofit dalam meningkatkan ketahanan anggrek terhadap patogen. Selain itu, peserta juga dilatih untuk memonitor kondisi tanaman setelah aplikasi mikoriza, seperti mengamati perubahan pada pertumbuhan akar dan daun, serta mengevaluasi kesehatan tanaman secara keseluruhan. Dengan demikian, diharapkan masyarakat dapat mengadopsi teknologi ini dalam pengelolaan dan konservasi anggrek alam secara berkelanjutan. Pada akhir pelatihan dilakukan sesi diskusi untuk mengetahui diketahui beberapa kendala peserta dalam aplikasi mikoriza endofit di lapangan. Pada tahap ini juga disampaikan harapan peserta kegiatan selanjutnya terkait kerjasama. Tahapan pelatihan berupa demonstrasi aplikasi dan diskusi antara peserta dan tim kegiatan PKM-DHR ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. (A) Tahapan pelatihan berupa demonstrasi penggunaan aplikasi; (B) diskusi antara peserta dan tim kegiatan PKM-DHR (kanan)

Tahap Pendampingan

Pada tahap ini dilakukan pendampingan di *greenhouse* anggrek alam di Kebun Raya Liwa dengan tujuan untuk memantau langsung penerapan aplikasi mikoriza endofit pada anggrek alam yang telah dilakukan sebelumnya. Tahap ini dilakukan oleh tim dosen dan mahasiswa Doktoral MIPA Universitas Lampung (Agus Rahardi, S.Kom., M.TI. dan Budi Asmanto, S.T., M.T.I.). Para peserta diberikan bimbingan teknis mengenai cara pemeliharaan dan pemantauan kondisi anggrek alam setelah aplikasi mikoriza, seperti pengaturan kelembapan, suhu, dan pencahayaan yang optimal untuk pertumbuhan anggrek alam. Selain itu, pendampingan juga meliputi evaluasi secara berkala terhadap perkembangan tanaman, mengidentifikasi tanda-tanda keberhasilan atau

kegagalan aplikasi mikoriza, serta melakukan perbaikan jika diperlukan. Kegiatan pendampingan ini dilakukan berkala secara daring maupun luring. Melalui tahap ini, diharapkan para peserta dapat menguasai teknik-teknik praktis dalam pengelolaan anggrek alam secara lebih efektif, serta meningkatkan kapasitas mereka dalam menerapkan teknologi mikoriza secara mandiri di Kebun Raya Liwa. Kegiatan pendampingan pada *greenhouse* anggrek alam di Kebun Raya Liwa dan kondisi anggrek alam sebelum dan sesudah aplikasi mikoriza endofit dalam uji efektifitas pengendalian penyakit ditampilkan pada [Gambar 4](#).



Gambar 4. A. Kegiatan pendampingan pada *greenhouse* anggrek alam di Kebun Raya Liwa, B. Kondisi anggrek alam sebelum aplikasi mikoriza endofit dalam uji efektifitas pengendalian penyakit, C. Kondisi anggrek alam setelah aplikasi mikoriza endofit dalam uji efektifitas pengendalian penyakit.

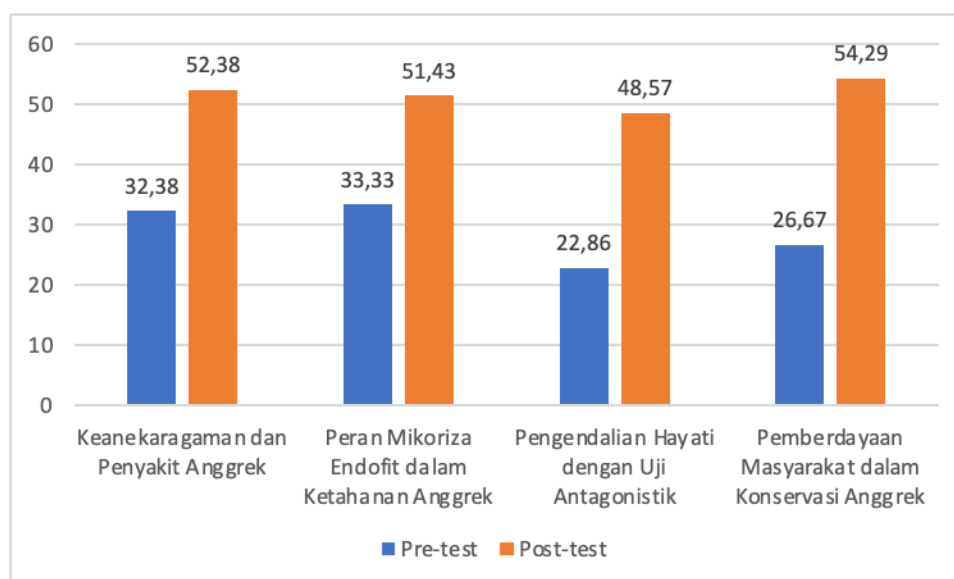
Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi pada akhir kegiatan pelatihan menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada pemahaman dan keterampilan peserta terkait pengendalian penyakit anggrek melalui uji antagonistik dan aplikasi mikoriza endofit. Peningkatan ini diukur melalui perbandingan hasil pre-test dan post-test pada empat bidang materi pelatihan, yaitu Keanekaragaman dan Penyakit Anggrek, Peran Mikoriza Endofit dalam Ketahanan Anggrek, Pengendalian Hayati dengan Uji Antagonistik, dan Pemberdayaan Masyarakat dalam Konservasi Anggrek. Secara lengkap rata-rata hasil evaluasi melalui nilai pre-test dan post-test yang menunjukkan kemampuan dasar dan pengetahuan peserta ditampilkan pada [Gambar 5](#).

Secara umum, skor post-test rata-rata mencapai 52%, meningkat sebesar 23% dibandingkan pre-test. Peningkatan tertinggi dicapai pada materi Pemberdayaan Masyarakat dalam Konservasi Anggrek (26%), diikuti oleh Keanekaragaman dan Penyakit Anggrek (20%), Pengendalian Hayati dengan Uji Antagonistik (19%), dan Peran Mikoriza Endofit dalam Ketahanan Anggrek (18%). Peningkatan ini tidak hanya mencerminkan keberhasilan transfer pengetahuan teknis tetapi juga menegaskan pentingnya integrasi aspek sosial yang lebih efektif dibandingkan pendekatan konvensional. Mahfut *et al.* (2021^b) menyatakan bahwa pelatihan berbasis kombinasi teori dan praktik secara langsung mampu meningkatkan kompetensi teknis peserta secara signifikan.

Hasil ini juga memperlihatkan bahwa integrasi materi konservasi dan pengendalian penyakit berbasis hayati memiliki dampak ganda, yaitu tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis, tetapi juga kesadaran konservasi di tingkat masyarakat. Mahfut *et al.* (2025) juga menekankan bahwa keberhasilan konservasi spesies endemik seperti anggrek sangat bergantung

pada pemberdayaan komunitas lokal yang dilengkapi dengan pengetahuan dan keterampilan yang memadai.



Gambar 5. Hasil evaluasi melalui nilai pre-test dan post-test peserta kegiatan Implementasi Pengendalian Penyakit Anggrek Alam di Kebun Raya Liwa Melalui Uji Antagonistik dan Induksi Ketahanan Mikoriza Endofit

Selain itu, capaian pemahaman peserta terkait aplikasi mikoriza endofit di lapangan menunjukkan potensi penerapan metode ini sebagai strategi pengendalian penyakit yang ramah lingkungan. Mikoriza endofit terbukti dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen (Mahfut, 2023^b) melalui mekanisme induksi ketahanan sistemik dan kompetisi ruang hidup dengan patogen (Mahfut dkk., 2023). Penggunaan agen hayati ini sejalan dengan tren global dalam pengendalian penyakit tanaman seperti di Cina (Zhou *et al.*, 2021), Jepang (Noguchi & Toju, 2024), dan di negara-negara Eropa (Calevo & Duffy, 2023) yang mengedepankan pendekatan berkelanjutan dan pengurangan penggunaan pestisida kimia (Mahfut *et al.*, 2019; Mahfut, 2020^b).

Berdasarkan hasil evaluasi, meskipun peningkatan pengetahuan peserta telah tercapai tetapi masih diperlukan keberlanjutan program kegiatan. Pendampingan berkala baik secara luring maupun daring direkomendasikan untuk memastikan transfer teknologi berjalan optimal dan peserta mampu secara mandiri melakukan diagnosis serta pengendalian penyakit anggrek. Kegiatan ini diharapkan menjadi langkah awal bagi pihak Kebun Raya Liwa dalam mengembangkan dan mengimplementasikan metode pengendalian penyakit anggrek alam yang efektif, sekaligus memperkuat peran sebagai pusat konservasi dan pendidikan lingkungan di wilayah Lampung Barat.

KESIMPULAN

Peningkatan kemampuan peserta dalam pelatihan implementasi pengendalian penyakit anggrek alam di Kebun Raya Liwa melalui uji antagonistik dan induksi ketahanan mikoriza endofit menunjukkan adanya capaian yang signifikan, dengan rata-rata kenaikan skor post-test sebesar 23% dibandingkan pre-test. Capaian tertinggi terdapat pada materi pemberdayaan masyarakat dalam konservasi anggrek, diikuti keanekaragaman dan penyakit anggrek, pengendalian hayati dengan uji antagonistik, serta peran mikoriza endofit dalam ketahanan

anggrek. Dengan pemahaman yang telah diperoleh, peserta mampu menerapkan teknik aplikasi mikoriza endofit dan metode pengendalian hayati di lapangan. Namun, keberlanjutan program ini masih membutuhkan integrasi pendampingan secara berkala, baik luring maupun daring, sehingga pihak Kebun Raya Liwa dapat mengembangkan metode pengendalian penyakit anggrek alam secara mandiri dan berkelanjutan. Upaya ini diharapkan tidak hanya memperkuat konservasi anggrek alam, tetapi juga menjadi langkah strategis dalam mengintegrasikan pengelolaan keanekaragaman hayati dengan pemberdayaan masyarakat lokal di sekitar Kebun Raya Liwa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Lampung melalui Hibah Pengabdian Kepada Masyarakat-Diseminasi Hasil Riset (PKM-DHR) DIPA BLU Universitas Lampung Tahun 2025 dengan nomor kontrak 2150/UN26.21/PM/2025. Penelitian ini juga merupakan bagian implementasi kerjasama dengan Kebun Raya Liwa dengan nomor 0660/246/III.14/2021 dan 1605/UN.26.17/KS.00/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Mahfut (2019^a). *Indonesia Darurat Konservasi: Sudah Amankah Kebun Raya Kita*. Prosiding Seminar Nasional Biodiversitas. 1(1): 1-6.
- Mahfut (2019^b). *Mengenal Anggrek Phalaenopsis dan Penyakit Virus Tanaman*. Aura Publisher. Hal. 46.
- Mahfut (2020^a). Identification and Detection Odontoglossum ringspot virus on Native Orchids Collection of Nurseries in Java, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*. 1641(012075): 1-6.
- Mahfut (2020^b). *Effectiveness Test of Orchid Mycorrhizal Isolate (Ceratorhiza and Trichoderma) Indonesia and Its Role as a Biofertilizer: Critical Overview*. Current Research Trends in Biological Science Vol. 1. pp. 139-145. Editor(s) Dr. Sławomir Borek. Book Publisher International. India & United Kingdom. Print ISBN: 978-93-89816-64-8, eBook ISBN: 978-93-89816-65-5. <https://doi.org/10.9734/bpi/crtbs/v1>
- Mahfut (2021^a). Identification and Efforts to Control Infection Odontoglossum ringspot virus (ORSV) on Orchid. *International Journal of Engineering, Science and Information Technology*. 1(1): 25-29.
- Mahfut (2021^b). Morphological identification of mycorrhizal fungi isolated from native orchid in Indonesia. *Jordan J. Biol. Sci.* 14(5): 1031-1034.
- Mahfut (2023^a). *Identification of Native Dendrobium Based on Morphological and Anatomical Characters in Liwa Botanical Garden*. In: Tropical Plant Species and Technological Interventions for Improvement. 1-284. Editor(s) Muhammad Sarwar Khan. Intech Open Publisher, United Kingdom. Print ISBN: 978-1-80356-074-8, eBook ISBN: 978-1-80356-076-2. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102446>
- Mahfut (2023^b). *Konsep Konservasi Anggrek Alam Di Kebun Raya Liwa Berbasis Tiga Bidang Ilmu (Biologi, Proteksi Tanaman, dan Kecerdasan Buatan)*. Dalam: Pengembangan SDM Untuk Meningkatkan Daya Saing Lampung. Pusaka Media. 113-134.
- Mahfut, Angeiny, A., Wahyuningsih, S., Handayani, T. T., & Sukimin (2020^a). Identification of Disease and Efforts to Protect Native Orchid Plants Against Bacteria Infection in Liwa Botanical Garden. *Journal of Physics: Conference Series*. 1641 (012098): 1-8.
- Mahfut & Daryono, B. S. (2014). Deteksi Odontoglossum ringspot virus (ORSV) Terhadap Anggrek Alam di Hutan Wonosadi, Gunung Kidul. *Biogenesis*. 2(2): 101-108.
- Mahfut, Daryono, B. S., Indrianto, A., & Somowiyarjo, S. (2019). Effectiveness Test of Orchid Mycorrhizal Isolate (Ceratorhiza and Trichoderma) Indonesia and Its Role as a Biofertilizer. *Annual Research & Review in Biology*. 33(4): 1-7.

- Mahfut, Daryono, B. S., Indrianto, A., & Somowiyarjo, S. (2020^b). Molecular phylogeny of orchids mycorrhiza isolated from native tropical orchids in Indonesia. *Malaysian Journal of Microbiology*. 16(1): 68-72.
- Mahfut, Handayani, T. T., Wahyuningsih, S., & Ernawati, E. (2020). Pemanfaatan Onggok Sebagai Pakan Alternatif Usaha Peternakan dan Perikanan Di Desa Tambah Dadi, Kecamatan Purbolinggo, Lampung Timur. *Jurnas Pengamas*. 3(2): 139-145.
- Mahfut, Handayani, T. T., Wahyuningsih, S., Sari, V. D. A., Panjaitan, M. V. T., Lestari, K., Syafira, H., & Anggreiny, A. (2024). *Kajian Ketahanan Induksi Mikoriza Rhizoctonia: Pada Anggrek Terhadap infeksi Virus*. Graha Ilmu. 1-172.
- Mahfut, Handayani, T. T., Wahyuningsih, S., & Sukimin (2021^a). *Identifikasi Penyakit Anggrek di Kebun Raya Liwa*. Graha Ilmu. 1-83.
- Mahfut, Handayani, T. T., Wahyuningsih, S., & Sukimin (2021^a). Identification of Dendrobium (Orchidaceae) in Liwa Botanical Garden Based on Leaf Morphological Characters. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*. 6(1): 1-6.
- Mahfut, Handayani, T. T., Wahyuningsih, S., & Sukimin (2021^b). Identification of Dendrobium Natural Orchids in Liwa Botanical Garden based on leaf morphological characters. *Jurnal Pemberdayaan: Publikasi Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*. 5(1): 38-44.
- Mahfut, Handayani, T. T., Wahyuningsih, S., Sukimin, Umur, K., Sari, V. D. A., Angraeni, M., & Tohari, E. N. (2021^b). *Identifikasi Anggrek Alam di Kebun Raya Liwa*. Plantaxia. Hal. 84.
- Mahfut, Handayani, T. T., Wahyuningsih, S., Tohari, E. N., & Nurizzati, F. (2021^c). *Kajian Viabilitas dan Respon Ketahanan Anggrek Yang Diinduksi Rhizoctonia Terhadap Infeksi ORSV*. Plantaxia. Hal. 106.
- Mahfut, Heningtyas, Y., & Sukimin (2021^b). Penerapan Teknologi Kesehatan Tepat Guna di Era Industri 4.0 dalam Perlindungan Anggrek Alam Terhadap Infeksi Penyakit di Kebun Raya Liwa. *Jurnal SOLMA*. 10 (01): 133-140.
- Mahfut, Hidayat, M. M., & Arifannisa, S. J. (2023^a). Study of orchid resistance induction using rhizoctonia against ORSV infection based on anatomical characters of roots and leaves. *Asian J. Plant Sci*. 22(2): 239-249.
- Mahfut, Panjaitan, M. V. T., Wahyuningsih, S., Handayani, T. T., & Sukimin (2021^b). Identification of Disease and Efforts to Protect Natural Orchid Plants Against Fungi Infection in the Liwa Botanical Garden. *International Journal of Engineering, Science and Information Technology*. 1(1): 30-35.
- Mahfut, Riniarti, M., & Kurniawaty, E. (2025^a). Morphology and phytochemical characterization of native *Dendrobium* used as a herbal medicine in Lampung, Indonesia. *SABRAO J. Breed. Genet*. 57(2): 587-598.
- Mahfut, Setiawan, A., Sari, M., Sijabat, V. E., Siregar, V. A. P., & Ahmad, Z. (2023^b). Molecular characterization of mycorrhiza and its potential as biocontrol. *SABRAO J. Breed. Genet*. 55(6): 2092-2104.
- Mahfut, Syahira, H., Wahyuningsih, S., Handayani, T. T., & Sukimin (2020^c). Identification of Virus Infection on Native Orchids in Liwa Botanical Garden. *Journal of Physics: Conference Series*. 1751(012063): 1-7.
- Mahfut, Syarif, A., Handayani, T. T., Wahyuningsih, S., Muludi, K., & Ardiansyah, M. I. (2023). Implementasi Aplikasi Sistem “Pakar Anggrek” Berbasis Android Di Kebun Raya Liwa. *AMMA: Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 2(7): 825-830.
- Mahfut, Syarif, A., & Wahyuningsih, S. (2025^b). Molecular Phylogeny of rDNA-ITS on Native Dendrobium in Lampung. *J. Multidiscip. Appl. Nat. Sci*. 5(2): 553–563.
- Mahfut, Tolangara, A., Ahmad, H., Rasyid, R., & Ahmad, Z. (2023^c). Variation of resistance and physiological response of orchid from induction Trichoderma to infection Odontoglossum ringspot virus (ORSV). *Asian J. Plant Sci*. 22(3): 496-505.

- Mahfut & Wahyuningsih, S. (2019). Pengenalan Teknik Budidaya Kelengkeng Super Sleman Berbasis Lingkungan. *Jurnal SOLMA*. 8(2): 201-209.
- Mahfut, Wandono, P. T. A., Ismail, I., Anbiya, L., Arsitalia, M., Sari, V. D. A., & Asadudin, D. (2025). Pelatihan Analisis Genomik Melalui Pengenalan dan Penggunaan Peralatan di Laboratorium Biomolekuler, Universitas Lampung. *Jurnal SOLMA*, 14(2), 2121–2130.
- Mahfut & Yulianty (2019). Chili Cultivation Technique Using Fermentation of Liquid Organic Fertilizer as Catfish Waste Utilization in Tasik Madu Village, Merbau Mataram. *Pelita Eksakta*. 2(2): 164-171.
- Marjunus, R., Pandiangan, K. D., Amanto, Mahfut, Heningtyas, Y., & Satria, H. (2023). Peningkatan Kualitas Pemahaman Konten dan Teknik Pengajaran Mata Pelajaran Fisika, Kimia, Matematika, Biologi, dan Teknologi Informasi Komputer (TIK). *Jurnal SOLMA*. 12(1): 204-211.
- Calevo, J. & Duffy, K. J. (2023). Interactions among mycorrhizal fungi enhance the early development of a Mediterranean orchid. *Mycorrhiza*. 33(4): 229-240.
- Muslimin, Mahfut, Andriani, A., & Humaizah, F. (2023). Pendampingan Desa Devisa Melalui Budidaya Pisang Cavendish Di Desa Batanghari Ogan, Kecamatan Tegineneng, Kabupaten Pesawaran. *Jurnal SOLMA*. 12 2): 360-366.
- Noguchi, M. & Toju, H. (2024) Mycorrhizal and endophytic fungi structure forest below-ground symbiosis through contrasting but interdependent assembly processes. *Environ. Microbiome*. 19(1): 84.
- Putra A, Syarif, A., Mahfut, Sulistiyanti, S., & Hasibuan, M. (2024). Performance Evaluation of Fuzzy Logic System for Dendrobium Identification Based on Leaf Morphology. *Journal of Applied Data Sciences*. 5(4): 1520-1529.
- Zhou, Z., Shi, R., Zhang, Y., Xing, X., & Jin, X. (2021). Orchid conservation in China from 2000 to 2020: Achievements and perspectives. *Plant Divers*. 43(5): 343-349.