

**PENGARUH KOMBINASI EM4 DAN *Trichoderma* sp.
TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN
PADI (*Oryza sativa* L.)**



**ANISA TISMARDI
NIM. 22032000**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

**PENGARUH KOMBINASI EM4 DAN *Trichoderma* sp.
TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN
PADI (*Oryza sativa* L.)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



**OLEH:
ANISA TISMARDI
NIM. 22032000**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH KOMBINASI EM4 DAN *Trichoderma* sp. TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)

Nama : Anisa Tismardi
Nim : 22032003
Program studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 7 Mei 2026

Mengetahui:
Kepala Departemen Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed
NIP. 197508152006042001

Disetujui oleh Pembimbing



Dr. Filza Yulina Ade, S.Si., M.Si
NIP. 198607212024062001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Anisa Tismardi
Nim : 22032003
Program studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGARUH KOMBINASI EM4 DAN *Trichoderma* sp. TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 7 Mei 2026

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: Dr. Filza Yulina Ade, S.Si., M.Si.	
Anggota	: Irma Leilani Eka Putri, S.Si, M.Si.	
Anggota	: Dr. Violita, S.Si., M.Si.	

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anisa Tismardi
NIM/TM : 22032003
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul “Pengaruh Kombinasi *EM4* dan *Trichoderma* sp. Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.)” adalah benar merupakan karya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai masyarakat ilmiah.

Padang, 20 April 2026

Mengetahui:
Kepala Departemen Biologi

saya yang menyatakan,



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed
NIP. 197508152006042001



Anisa Tismardi
NIM. 22032003

**PENGARUH KOMBINASI EM4 DAN *Trichoderma* sp. TERHADAP
PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN PADI
(*Oryza sativa* L.)**

ANISA TISMARDI

ABSTRAK

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan utama di Indonesia yang pertumbuhannya dipengaruhi oleh fase vegetatif awal. Peningkatan pertumbuhan dapat dilakukan melalui pemanfaatan mikroorganisme seperti EM4 dan *Trichoderma* sp. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kombinasi EM4 dan *Trichoderma* sp. cair terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman padi.

Penelitian dilaksanakan pada Desember 2025–Februari 2026 di Kelurahan Pagambiran Ampalu, Kecamatan Lubuk Begalung menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan enam perlakuan dan empat ulangan. Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, dan berat kering tanaman, kemudian dianalisis menggunakan ANOVA dan uji DNMRT 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kombinasi EM4 dan *Trichoderma* sp. berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah anakan antar perlakuan. Parameter jumlah daun menunjukkan bahwa seluruh perlakuan kombinasi EM4 dan *Trichoderma* sp. berbeda nyata dalam meningkatkan jumlah daun dibandingkan dengan kontrol berdasarkan uji DNMRT taraf 5%. Perlakuan terbaik berbeda pada setiap variabel pengamatan, dimana P1 menunjukkan hasil terbaik pada tinggi tanaman sebesar 43,07 cm, P5 pada jumlah daun sebesar 5,79 helai, P2 pada jumlah anakan sebesar 1,71 anakan/rumpun dan P2 pada berat kering sebesar 0,72 g.

Kata kunci: padi, EM4, *Trichoderma* sp., pertumbuhan vegetatif, kombinasi

**THE EFFECT OF THE COMBINATION OF EM4 AND
Trichoderma sp. ON THE VEGETATIVE GROWTH OF RICE PLANTS
(*Oryza sativa* L.)**

ANISA TISMARDI

ABSTRACT

*Rice (*Oryza sativa* L.) is a major food commodity in Indonesia, whose growth is influenced by the early vegetative phase. Growth enhancement can be achieved through the use of microorganisms such as EM4 and *Trichoderma* sp. This study aimed to determine the effect of a combination of liquid EM4 and *Trichoderma* sp. on the vegetative growth of rice plants.*

The study was conducted from December 2025 to February 2026 in Pagambiran Ampalu Village, Lubuk Begalung District, using a Completely Randomized Design (CRD) with six treatments and four replications. Observed variables included plant height, number of leaves, number of tillers, and dry weight. These variables were analyzed using ANOVA and the 5% DNMRT test.

*The results of the study showed that the combination of EM4 and *Trichoderma* sp. significantly affected the parameters of plant height, number of leaves, and number of tillers between treatments. The number of leaves parameter showed that all EM4 and *Trichoderma* sp. combination treatments were significantly different in increasing the number of leaves compared to the control based on the DNMRT test at a 5% level. The best treatment differed in each observation variable, where P1 showed the best results at a plant height of 43.07 cm, P5 at a number of leaves of 5.79, P2 at a number of tillers of 1.71 tillers/clump and P2 at a dry weight of 0.72 g.*

Keywords: rice, EM4, *Trichoderma* sp., vegetative growth, combination

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Kombinasi *EM4* dan *Trichoderma* sp. terhadap Pertumbuhan vegetatif Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.”

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan penyelesaian skripsi tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Filza Yulina Ade, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi.
2. Ibu Irma Leilani Eka Putri, S.Si, M.Si. dan Dr. Violita, S.Si., M.Si. selaku Dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritikan untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed. selaku Ketua Departemen Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Prof. Dr. Azwir Anhar, M.Si. selaku Penasehat Akademik (PA) yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan.
5. Bapak dan Ibu dosen pada Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pembelajaran selama penulis menempuh pendidikan.

6. Bapak dan Ibu staf di Departemen Bilogi yang telah membantu untuk kelancaran penulisan skripsi ini.
7. Orang tua dan keluarga tercinta yang sentiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman seperjuangan Program Studi Biologi 2022 yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
9. Sahabat (Reza Afri Sasman Cania) penulis yang sentiasa memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga segala bantuan yang telah Bapak/Ibu serta rekan-rekan berikan menjadi amal ibadah dan memperoleh balasan yang setimpal dari Allah SWT. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Padang, 8 Mei 2026

Penulis

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan masalah.....	5
C. Tujuan penelitian.....	5
D. Hipotesis penelitian.....	5
E. Manfaat penelitian.....	5
BAB II KERANGKA TEORITIS.....	6
A. Tanaman padi (<i>Oryza sativa</i> L.).....	6
B. Effective Microorganisms-4 (EM4)	7
C. <i>Trichoderma</i> sp.....	8
D. Peran <i>EM4</i> dan <i>Trichoderma</i> sp. dalam Mendukung Pertumbuhan Tanaman Padi	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	12
A. Jenis Penelitian	12
B. Waktu dan Tempat.....	12
C. Alat dan Bahan	12
1. Alat.....	12
2. bahan.....	12
D. Populasi dan Sampel.....	13
1. Populasi.....	13
2. Sampel	13
E. Rancangan Penelitian.....	13
F. Prosedur Penelitian.....	163
1. Persiapan Penelitian.....	13

a. Persiapan media tanam.....	15
b. Persiapan benih padi	15
c. Persiapan larutan kombinasi EM4 dan <i>Trichoderma</i> sp.	15
2. Pelaksanaan Penelitian.....	14
a. Penanaman benih	15
b. Pemberian perlakuan.....	15
c. Pemeliharaan tanaman	15
d. Pengamatan.....	15
G. Analisis Data	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
A. Hasil.....	18
1. Tinggi tanaman (cm).....	18
2. Jumlah daun (helai).....	19
3. Jumlah anakan (anakan/rumpun).....	20
4. Berat kering (g).....	20
B. Pembahasan	21
BAB V PENUTUP.....	27
A. Kesimpulan.....	27
B. Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rata-rata Tinggi Tanaman (cm) Padi pada Berbagai Perlakuan	18
2. Rata-rata Jumlah Daun (helai) Tanaman Padi pada Berbagai Perlakuan	19
3. Rata-rata Jumlah Anakan (anakan/rumpun) Tanaman Padi pada Berbagai Perlakuan	20
4. Rata-rata Berat Kering (g) Tanaman pada Berbagai Perlakuan	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Rata-rata tinggi tanaman (cm).....	33
2. Rata-rata jumlah daun (helai).....	35
3. Rata-rata jumlah anakan (anakan/rumpun)	37
4. Rata-rata berat kering (g)	39
5. Hasil ANOVA tinggi tanaman.....	40
6. Hasil uji DNMRT 5% tinggi tanaman	41
7. Hasil ANOVA jumlah daun.....	42
8. Hasil uji DNMRT 5% jumlah daun	43
9. Hasil ANOVA jumlah anakan	44
10. Hasil uji DNMRT 5% jumlah anakan.....	45
11. Hasil ANOVA berat kering	46
12. Dokumentasi penelitian	47

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) adalah salah satu komoditas pangan utama Indonesia. Sebagian besar masyarakat mengandalkan tanaman padi (beras) sebagai sumber karbohidrat pokok dalam kehidupan sehari-hari. Kondisi ini membuat peningkatan produktivitas dan kualitas padi menjadi fokus utama pembangunan pertanian nasional. Ketersediaan padi yang stabil sangat penting untuk mendukung ketahanan pangan, terutama di daerah-daerah yang padat penduduknya (Habibah *et al.*, 2024).

Di Provinsi Sumatera Barat, padi juga memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung ketahanan pangan daerah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2024), produksi padi di Provinsi ini mencapai lebih dari 1,3 juta ton gabah kering giling (GKG). Tingginya ketergantungan masyarakat terhadap padi menyebabkan keberlanjutan produksi menjadi hal yang krusial. Namun, pada beberapa wilayah produktivitas padi masih belum optimal. Kondisi ini antara lain disebabkan oleh menurunnya kesuburan tanah akibat penggunaan pupuk kimia secara berlebihan, serta meningkatnya serangan hama dan penyakit tanaman (Riskiya *et al.*, 2022).

Salah satu metode yang digunakan dalam peningkatan pertumbuhan tanaman adalah pemanfaatan biostimulan, yaitu bahan atau mikroorganisme yang dapat merangsang pertumbuhan dan meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman tanpa berfungsi sebagai sumber nutrisi utama. Biostimulan dapat meningkatkan

efisiensi penyerapan hara, menekan perkembangan organisme penyebab penyakit, serta mendukung pertumbuhan tanaman (Castiglione *et al.*, 2021).

Dalam konteks perbaikan kesuburan tanah, EM4 (Effective Microorganisms-4) dikenal sebagai konsorsium mikroba yang terdiri atas bakteri fotosintetik, *Lactobacillus*, *Actinomycetes*, ragi, dan jamur fermentasi. Mikroorganisme tersebut berperan dalam mempercepat proses dekomposisi bahan organik dan meningkatkan aktivitas biologis tanah. Beberapa penelitian melaporkan bahwa aplikasi EM4 mampu meningkatkan kualitas kompos serta ketersediaan unsur hara bagi tanaman, termasuk tanaman padi (Kurniawati *et al.*, 2021).

Mikroba lain yang mungkin memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan dan kesehatan tanaman padi adalah *Trichoderma* sp. yang dikenal sebagai agen penghambat yang dapat mengendalikan patogen tanah seperti *Rhizoctonia solani*, *Pyricularia oryzae*, dan *Fusarium* spp. pengendalian tersebut terjadi melalui berbagai mekanisme, antara lain persaingan untuk ruang dan nutrisi, mikoparasitisme, antibiosis, serta produksi enzim hidrolitik yang dapat merusak dinding sel patogen. Selain sebagai agen biokontrol, *Trichoderma* sp. juga berfungsi sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF). PGPF mampu meningkatkan pertumbuhan akar, menghasilkan hormon pertumbuhan seperti indole-3-acetic acid (IAA), serta meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman (Hidayat *et al.*, 2014., Sukari, 2022., Due *et al.*, 2024). Pada tanaman padi, beberapa isolat *Trichoderma* sp. telah terbukti meningkatkan vigor benih, pertumbuhan awal, serta ketahanan bibit terhadap berbagai jenis stres biotik dan abiotik (Wulandari *et al.*, 2023).

Keberhasilan pemanfaatan EM4 dan *Trichoderma* sp. dalam mendukung pertumbuhan tanaman tidak hanya ditentukan oleh jenis mikroorganisme yang digunakan, tetapi juga dipengaruhi oleh dosis aplikasi. Perbedaan dosis dapat menimbulkan respons pertumbuhan yang berbeda pada tanaman. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis tidak selalu diikuti oleh peningkatan pertumbuhan tanaman. Pada EM4, peningkatan dosis hingga batas tertentu dapat memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan dosis yang lebih tinggi (Munazar *et al.*, 2022). Sementara itu, pada *Trichoderma* sp., peningkatan dosis dapat meningkatkan beberapa parameter pertumbuhan, namun tidak selalu memberikan hasil terbaik pada seluruh parameter pengamatan (Yulistia *et al.*, 2024).

Meskipun EM4 dan *Trichoderma* sp. telah banyak digunakan sebagai mikroorganisme menguntungkan untuk meningkatkan kesuburan tanah, sebagian besar studi masih mengkaji keduanya secara terpisah, bukan sebagai kombinasi yang terpadu dalam budidaya padi. Dalam konteks tanaman padi itu sendiri, beberapa penelitian menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. bisa menjadi mitra mikroba yang efisien jika digabungkan dengan mikroorganisme lain yang mendukung, seperti bakteri fotosintetik, yang terbukti dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah anakan, serta pertumbuhan vegetatif pada sistem padi organik (Saputro *et al.*, 2023).

Meskipun EM4 dan *Trichoderma* sp. seringkali dilaporkan memberikan dampak positif bagi pertumbuhan tanaman, banyak penelitian masih meneliti keduanya secara terpisah. Beberapa studi mengindikasikan bahwa *Trichoderma* sp. dapat berfungsi secara sinergis jika digabungkan dengan mikroorganisme lain

untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Rahmawati *et al.*, (2019) mencatat bahwa perpaduan antara *Trichoderma* sp. dan bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPR) berhasil meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman, dilihat dari tinggi tanaman, jumlah daun, dan pengembangan sistem akar. Penelitian lain pada tanaman padi merah menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi *Trichoderma* sp. dan PGPR mampu meningkatkan jumlah bulir per malai serta berat gabah dibandingkan perlakuan tanpa kombinasi mikroba (Sari *et al.*, 2021). Selain itu, pada tanaman tomat ceri, kombinasi EM4 dengan mikroba lain seperti mikoriza dilaporkan mampu meningkatkan jumlah dan berat buah secara signifikan, menunjukkan adanya interaksi positif EM4 dengan mikroorganisme lain dalam mendukung pertumbuhan tanaman (Hidayat *et al.*, 2020).

Penelitian yang mengkaji pengaruh langsung kombinasi EM4 dan *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan tanaman padi, khususnya pada fase awal pertumbuhan yang sangat menentukan keberhasilan budidaya, belum ada. Kondisi ini menunjukkan adanya peluang penelitian yang penting untuk mengevaluasi potensi interaksi sinergis antara EM4 dan *Trichoderma* sp. dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman padi.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini penting dilakukan untuk memahami sejauh mana kombinasi EM4 dan *Trichoderma* sp. dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi pada kondisi media tanam tertentu. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pengelolaan mikroba menguntungkan dalam budidaya padi serta mendukung pengembangan strategi budidaya yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

B. Rumusan masalah

Bagaimana pengaruh kombinasi EM4 dan *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman padi (*Oryza sativa* L.)?

C. Tujuan penelitian

Mengetahui pengaruh kombinasi EM4 dan *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman padi (*Oryza sativa* L.).

D. Hipotesis penelitian

H^0 = Pemberian kombinasi EM4 dan *Trichoderma* sp. tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman padi (*Oryza sativa* L.).

H^1 = Pemberian kombinasi EM4 dan *Trichoderma* sp. berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman padi (*Oryza sativa* L.).

E. Manfaat penelitian

1. Menambah informasi ilmiah terkait efektivitas kombinasi EM4 dan *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan tanaman padi, serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan pertanian berkelanjutan.
2. Memberikan panduan bagi petani atau pelaku pertanian tentang pemanfaatan kombinasi EM4 dan *Trichoderma* sp. secara efektif untuk mendukung praktik pertanian yang ramah lingkungan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Pemberian kombinasi EM4 dan *Trichoderma sp.* berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah anakan antar perlakuan. Parameter jumlah daun menunjukkan bahwa seluruh perlakuan kombinasi EM4 dan *Trichoderma sp.* berbeda nyata dalam meningkatkan jumlah daun dibandingkan dengan kontrol berdasarkan uji DNMRT taraf 5%. Perlakuan terbaik berbeda pada setiap variabel pengamatan, dimana P1 menunjukkan hasil terbaik pada tinggi tanaman sebesar 43,07 cm, P5 pada jumlah daun sebesar 5,79 helai, dan P2 pada jumlah anakan sebesar 1,71 anakan/rumpun, dan P2 pada berat kering sebesar 0,72 g.

B. Saran

Saran dari penelitian ini dapat dilanjutkan dengan periode pengamatan yang lebih panjang hingga fase generatif tanaman, sehingga pengaruh perlakuan terhadap jumlah anakan produktif dan hasil panen dapat diketahui secara lebih jelas. Selain itu, dapat dilakukan penambahan variasi dosis perlakuan serta jumlah pengulangan yang lebih banyak untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan memungkinkan analisis statistik yang lebih mendalam. Pada penelitian selanjutnya juga disarankan untuk menambah waktu pengovenan sampel agar proses pengeringan berlangsung lebih optimal sehingga berat kering yang diperoleh lebih stabil dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M. R., Suryanto, A., & Lestari, W. (2020). Pengaruh aplikasi *EM4* terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman padi pada sistem SRI. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*, 5(2), 45–52.
- Advinda, L., Putra, R., & Sari, D. (2022). *Trichoderma* sp. sebagai agen pengendali hayati dan pemacu pertumbuhan tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Biologi FMIPA UNP*, 8, 102–110.
- Anhar, A., Putri, D. H., & Doni, F. (2020). Respon pertumbuhan benih padi varietas lokal terhadap isolat *Trichoderma* indigenous. *Bioscience: Jurnal Biologi FMIPA UNP*, 18(1), 23–32.
- An, N., Zhang, L., Liu, Y., Shen, S., Li, N., Wu, Z., Yang, J., Han, W., & Han, X. (2022). Biochar application with reduced chemical fertilizers improves soil pore structure and rice productivity. *Chemosphere*, 298, 134304.
- Aulia, N. F., Pratama, R. A., & Lestari, D. (2022). Aplikasi *Trichoderma asperellum* dan *T. viride* terhadap pertumbuhan tanaman padi varietas Ciherang. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 11(2), 97–105.
- Astutik, D., Rahhutami, R., Handini, A. S., & Sutopo, A. (2020). The utilization of *effective microorganism 4 (EM4)* on growth of oil palm seedling in prenursery. *International Journal of Multi Discipline Science*, 3(2), 39–43.
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S., & Smith, D. L. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1473.
- Berg, G. 2009. Plant microbe interactions promoting plant growth and health. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 84, 11–18.
- Castiglione, A. M., Mannino, G., Berteà, C. M., & Ertani, A. (2021). Microbial biostimulants as response to modern agriculture needs: Composition, role and application of these innovative products. *Plants*, 10(8), 1533.
- Chatri, M., Yuliana, S., & Hidayat, T. (2021). Pemanfaatan mikroorganisme lokal pada mikroorganisme yang terdapat di sekitar akar padi sebagai agen hayati. *Prosiding Seminar Nasional Biologi FMIPA UNP*, 7, 88–96.
- Chen, J., Rao, Y., & Liu, Q. (2020). Microbial fertilizers: A sustainable approach to enhancing nutrient availability and crop yield. *Soil Biology and Biochemistry*, 148, 107897.

- Compant, S., Samad, A., Faist, H., & Sessitsch, A. (2019). A review on the plant microbiome: Ecology, functions, and emerging trends in microbial application. *Journal of Advanced Research*, 19, 29–37.
- Cornejo, C. H., Rodriguez, A., Torres, M., & Barea, J. M. (2024). Mechanisms for plant growth promotion activated by *Trichoderma* in natural and managed terrestrial ecosystems. *Microbiological Research*, 281, 127621.
- Doni, F., Isahak, A., Zain, C. R. C. M., & Yusoff, W. M. W. (2014). Physiological and growth response of rice plants (*Oryza sativa* L.) to *Trichoderma* spp. inoculants. *AMB Express*, 4, 45.
- Doni, F., Putri, D. H., & Anhar, A. (2020). Pemanfaatan *Trichoderma* lokal sebagai agen hayati pada padi. *Prosiding Seminar Nasional Biologi FMIPA UNP*, 6, 55–63.
- Due, M. S., Djawapatty, D. J., Nosen, L. K., Bay, J. R., Bao, A. P., & Limbu, N. U. (2024). Biopriming with *Trichoderma* spp. as Plant Growth Promotion for Rice (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Biologi Tropis*.
- El-Shafei, A., Yehia, M., & El-Naqib, F. (2008). Impact of effective microorganism's compost on soil fertility and rice productivity and quality. *Misr Journal of Agricultural Engineering*.
- Ghosh, S., Roy, D., & Mitra, S. (2022). Plant growth promotion and biocontrol through microbial consortia. *Rhizosphere*, 22, 100531.
- Glick, B. R. (2012). Plant growth promoting bacteria: Mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012, 963401.
- Habibah, N., Santoso, H., & Rahmawati, D. (2024). Ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap konsumsi beras sebagai sumber karbohidrat utama. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 15(1), 45–53.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43–56.
- Hidayat, Y. S., Nurdin, M., & D, S. R. (2014). Penggunaan *Trichoderma* sp. sebagai agensia pengendalian terhadap *Pyricularia oryzae* Cav. penyebab blas pada padi. *Jurnal Agrotek Tropika*.
- Kurniawati, T. D., Susanti, A., & Ma'rufah, S. (2021). Pengaruh *Trichoderma* sp. dan EM4 terhadap kandungan hara kompos biomasa pertanian dan gulma. *Agrosaintifika*, 3(2).
- Kurnian, R. A. (2022). Uji Efektivitas PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) dan *Trichoderma* terhadap Pertumbuhan dan Intensitas Penyakit Hawar Daun Bakteri (Bacterial Leaf Blight) pada Tanaman Padi (*Oryza sativa*). *Skripsi*. Universitas Brawijaya, Malang.

- Lee, H. S., Kim, J. H., Jo, S. H., Yang, S. Y., Baek, J. K., Song, Y. S., Shon, J. Y., & Chung, N. J. (2025). Temperature photoperiod interaction in rice phenology. *Plant Science*, 335, 111567.
- Long, L., Lin, J., Liu, M., Chen, X., Fang, P., Xiao, L., Zhou, Y., & Dong, X. (2025). Experimental study on UAV-assisted pollination in hybrid rice. *Drones*, 9(5), 327.
- Londong, A., Sompotan, S., Tumewu, P., & Porong, J. V. (2016). *Bokashi Effect of Fertilizer on the Growth of Rice Production*. COCOS Journal, Universitas Sam Ratulangi.
- Muliadi, A., Irwan, M., & Kadir, A. (2019). Pengaruh pemberian EM4 terhadap pertumbuhan dan hasil padi sawah. *Jurnal Agrivigor*, 18(1), 15–22.
- Muhlisin, M., Suswanto, I., & Sarbino. (2021). Pengaruh frekuensi aplikasi *Trichoderma* sp. untuk menekan penyakit hawar pelepah *Rhizoctonia solani* Kuhn pada tanaman padi. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 10(2).
- Munazar, M., Wirda, Z., Jamidi, & Usnawiyah. (2022). Corn growth and yield due to organic fertilizers and Effective Microorganisms-4 (EM-4). *Jurnal Multidisiplin Madani (MUDIMA)*, 2(1), 543–556.
- Paul, E.A. (2015). *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*. 4th Edition. Academic Press.
- Putri, D. H., Anhar, A., & Doni, F. (2020). Aktivitas *Trichoderma* dalam meningkatkan pertumbuhan awal benih padi. *Bioscience: Jurnal Biologi FMIPA UNP*, 19(2), 45–53.
- Purnama, G. W., Permana, A. A. J., Ananda, I. K. N., Purnami, N. L. I., Nugraha, G. N. A., & Yogi, I. B. S. M. (2024). Implementasi sistem pakar untuk klasifikasi tanaman padi (*Oryza sativa* L.) berdasarkan ciri-ciri morfologi. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Undiksha*, 13(2).
- Poorter, H., Jagodzinski, A. M., Ruiz-Peinado, R., Kuyah, S., Luo, Y., Oleksyn, J., Usoltsev, V. A., Buckley, T. N., Reich, P. B., & Sack, L. (2015). How does biomass distribution affect growth and photosynthesis? *New Phytologist*, 206(2), 633–650.
- Saputro, A. S. (2023). Kajian *Trichoderma* dan Bakteri Fotosintetik sebagai Agen untuk Padi Organik. *Agrisaintifika*.
- Sandy, G., Ratih, S., Suharjo, R., & Mat Akin, H. (2019). Pengaruh *Trichoderma* sp. sebagai agen peningkatan ketahanan tanaman padi terhadap penyakit hawar daun bakteri. *Jurnal Agrotek Tropika*, 7(3).
- Siregar, I. M., & Lardi, S. (2019). *Budidaya padi*. USU Press.

- Salawati, & Sjarifuddin E. (2023). *Revolusi Pertanian: Membawa Desa Lantapan ke Puncak Produksi Padi Sawah*. MEGA PRESS NUSANTARA.
- Sukari, D. (2022). Pengaruh *Trichoderma* spp. terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi Varietas yang Berbeda. *Jurnal Janabadra*.
- Susanti, A., Rahmawati, D., & Santoso, H. (2021). Pengaruh *Trichoderma* terhadap kualitas kompos jerami. *Agrosaintifika*, 3(3), 301–309.
- Sudiarto, B., Supriyanto, A., & Suryani, T. (2017). Efektivitas *Trichoderma harzianum* untuk meningkatkan vigor dan pertumbuhan awal tanaman padi serta menekan penyakit blas. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 13(1), 25–33.
- Ramayana, A. S., Sadarudin, Rusdiansyah, & Santoso. (2024). *Padi ladang spesifik wilayah tropika basah*. Penerbit NEM.
- Riandi, M. R. (2021). *Efektivitas Aplikasi EM4 untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Padi Ratun*. Skripsi. Politeknik Negeri Jember.
- Riskiyya, F., Putri, L. S., & Prasetyo, D. (2022). Adaptasi patogen *Fusarium* dan *Pythium* pada tanaman padi serta implikasi pengendalian. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 18(2), 98–107.
- Rao, R., Ghosh, P., & Singh, D. (2021). Effective microorganisms: Mechanism of action and potential in sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 12, 667152.
- Ren, M., Li, X., Zhang, Y., Chen, L., & Wang, H. (2023). Effects of red and blue light on rice seedling photosynthesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(11), 1234.
- Sun, C., He, C., Zhong, C., Liu, S., Liu, H., Luo, X., Li, J., Zhang, Y., Guo, Y., Yang, B., Wang, P., & Deng, X. (2022). Bifunctional regulators of photoperiodic flowering in short day plant rice. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1044790.
- Sutanto, R. (2002). *Penerapan pertanian organik: Pemasyarakatan dan pengembangannya*. Yogyakarta: Kanisius.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Woo, S. L., & Lorito, M. (2008). *Trichoderma–plant–pathogen interactions*. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1), 1–10.
- Wang, Y., & Li, J. (2011). Branching in rice. *Current Opinion in Plant Biology*, 14(1), 94–99.

- Widiada, I. M., Kartini, N. L., & Wijana, G. (2022). Pengaruh jenis limbah pertanian dan konsentrasi EM4 terhadap kandungan unsur hara pupuk organik cair. *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 12(2).
- Wulandari, R., Lesmina, F., Putri, R. S., Advinda, L., Junaidi, & Priyanto. (2022). Isolasi jamur *Trichoderma* spp. pengendali penyakit tanaman dari rizosfer padi (*Oryza sativa*). *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 2809–8447.
- Yulistia, G., Nur Aeny, T., Prasetyo, J., & Mat Akin, H. (2024). Pengaruh Aplikasi Formulasi Cair *Trichoderma* sp. dalam Media Molase terhadap Perkembangan Penyakit Bulai dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 12(2), 226–232.
- Zhu, S. (2025). Temporal variations in rice water requirements and the impact of effective rainfall. *Water*, 17(5), 1234.