

**POTENSI *Trichoderma asperellum* SEBAGAI PGPF DAN AGEN
PENGENDALI PENYAKIT HAWAR DAUN PADA JAGUNG
(*Zea mays* L.) VARIETAS ANOMAN DI RUMAH KACA**

*Potential of Trichoderma asperellum as a PGPF and Biocontrol Agent Against
Leaf Blight Disease on Anoman Variety Maize (Zea mays L.) in Greenhouse*

Ahmad Ali^{(1*}, Abdul Rahman Syafar⁽¹, Hisar Misram⁽²

¹Fakultas Pertanian Universitas Islam Makassar, Makassar 90245

²Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong 1611

*ahmad.alitk13@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan bahan kimia berlebih dalam budidaya jagung perlu ditekan melalui pemanfaatan agen hayati seperti *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi lima strain *Trichoderma asperellum* dalam memacu pertumbuhan jagung varietas Anoman dan menekan penyakit hawar daun. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan di rumah kaca BPSIP-TS Maros. Hasil menunjukkan bahwa aplikasi *T. asperellum* berpengaruh nyata terhadap daya tumbuh (tertinggi 94,4% pada strain CHM02), perbaikan kondisi tanah (pH dan suhu), serta penekanan intensitas hawar daun (36 - 44% dibanding kontrol 60,56%). Strain CHM02 memberikan tinggi tanaman terbaik (129,70 cm) meskipun parameter vegetatif lainnya tidak berbeda nyata. Secara keseluruhan, *T. asperellum* menunjukkan efektivitas sebagai PGPF sekaligus pengendali penyakit hawar daun pada fase awal pertumbuhan jagung.

Kata kunci: *Trichoderma asperellum*, PGPF, jagung Anoman, hawar daun,

ABSTRACT

Excessive chemical use in maize cultivation necessitates the exploration of biological agents such as Plant Growth Promoting Fungi (PGPF). This study evaluates the potential of five *Trichoderma asperellum* strains to enhance the growth of Anoman variety maize and suppress leaf blight disease. The research followed a Completely Randomized Design (CRD) with 7 treatments and 4 replications in a greenhouse at BPSIP-TS Maros. Results indicated that *T. asperellum* significantly affected germination rate (highest at 94.4% for strain CHM02), soil condition improvement, and leaf blight suppression (36 - 44%

compared to 60.56% in the control). While vegetative parameters were no significantly different, strain CHM02 produced the best plant height (129.70 cm). Overall, *T. asperellum* demonstrates high efficacy as both a PGPF and a biocontrol agent against leaf blight during the early growth stages of maize.

Keywords: *Trichoderma asperellum*, PGPF, Anoman maize, leaf blight

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dengan sektor pertanian yang mengelola sekitar 45 juta ha lahan, di mana 4,26 juta ha di antaranya digunakan untuk budidaya jagung (*Zea mays* L.). Sebagai komoditas pangan utama kedua setelah padi, jagung memiliki peran strategis dalam industri pakan ternak, bahan baku energi terbarukan (biofuel), hingga konsumsi rumah tangga. Mengingat pentingnya nilai ekonomi dan peningkatan harga jagung di tingkat produsen yang mencapai Rp5.000,- per kg (Kementerian Pertanian, 2021), upaya peningkatan produktivitas menjadi prioritas nasional. Namun, praktik budidaya saat ini masih sangat bergantung pada penggunaan pupuk dan pestisida kimia sintetis yang berisiko merusak ekologi tanah serta kesehatan lingkungan.

Sebagai alternatif berkelanjutan, pemanfaatan mikroba *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) mulai intensif dikembangkan. PGPF merupakan kelompok mikroorganisme tanah yang mampu meningkatkan kesehatan tanaman

melalui mekanisme ketersediaan nutrisi, produksi hormon, dan perlindungan terhadap patogen (Ulfa *et al.*, 2024). Salah satu genus PGPF yang paling potensial adalah *Trichoderma* spp. Cendawan ini bekerja melalui kompetisi nutrisi, antibiosis, dan mikoparasitisme dalam menghambat fitopatogen, sekaligus mempercepat dekomposisi bahan organik untuk menjaga kesuburan tanah (Yu *et al.*, 2021; Siregar *et al.*, 2018).

Trichoderma asperellum secara spesifik telah dilaporkan memiliki efikasi tinggi dalam kolonisasi akar dan menginduksi ketahanan sistemik (*Induced Systemic Resistance/ISR*) tanaman (Maharani *et al.*, 2024). Meski demikian, efektivitas *T. asperellum* sebagai biostimulan dan agen biokontrol sangat dipengaruhi oleh spesifisitas strain, kesesuaian dengan varietas inang, dan kondisi lingkungan lokal. Sebagian besar penelitian terdahulu masih memberikan hasil yang bervariasi, dan masih terdapat keterbatasan informasi mengenai respons varietas spesifik seperti jagung Anoman terhadap berbagai strain *T. asperellum* lokal, khususnya

dalam menghadapi tekanan penyakit hawar daun.

Celah penelitian tersebut menunjukkan perlunya pengujian strain unggul yang adaptif terhadap varietas tertentu untuk memastikan konsistensi hasil di lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi lima strain *T. asperellum* (CHM01, CHM02, HMRP7A, HMRP9A, dan HMRP10) dalam memacu pertumbuhan vegetatif awal dan kemampuannya menekan intensitas penyakit hawar daun pada tanaman jagung varietas Anoman.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Balai Pengujian Standar Instrumen Pertanian Tanaman Serealia (BSIP-TS), Maros, Sulawesi Selatan, pada ketinggian ± 300 m dpl. Kegiatan penelitian berlangsung dari bulan Juli hingga Desember 2023.

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan meliputi benih jagung varietas Anoman, lima strain isolat *Trichoderma asperellum* (CHM01, CHM02, HMRP7A, HMRP9A, dan HMRP10), fungisida berbahan aktif tembaga oksida (Nordox) sebagai kontrol perbandingan, serta aquades steril. Alat yang digunakan antara lain polybag ukuran 40x40 cm, timbangan elektrik, *hand sprayer*, termometer

tanah, pH meter, dan peralatan budidaya konvensional.

Karakteristik Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah topsoil dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1 yang telah disterilisasi. Tanah awal memiliki karakteristik tekstur lempung berliat dengan pH awal berkisar antara 5,5–5,8. Media dimasukkan ke dalam polybag seberat 10 kg per pot sebelum dilakukan penanaman.

Metode Aplikasi *T. asperellum* dan Penanaman

Isolat *T. asperellum* disiapkan dalam bentuk suspensi spora dengan kerapatan konidia 10^7 spora/ml. Aplikasi dilakukan melalui dua tahap:

1. **Perlakuan Benih (*Seed Treatment*):** Benih jagung direndam dalam suspensi masing-masing strain selama 30 menit sebelum tanam dengan dosis 10 ml suspensi per 100 gram benih.
2. **Aplikasi Tanah:** Suspensi sebanyak 50 ml dikocorkan ke daerah perakaran (rizosfer) pada saat tanaman berumur 14 dan 28 hari setelah tanam (HST).

Inokulasi Patogen Hawar Daun

Penyakit hawar daun dipicu oleh patogen *Exserohilum turcicum* (sinonim *Helminthosporium turcicum*). Inokulasi dilakukan secara buatan pada tanaman umur 21 HST menggunakan suspensi konidya

patogen dengan kerapatan 10^5 spora/ml. Suspensi disemprotkan pada permukaan daun pada sore hari untuk menjaga kelembapan yang mendukung infeksi awal.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan:

1. **P0:** Kontrol Negatif (Aquades Steril)
2. **P1:** Kontrol Positif (Fungisida Nordox 2 g/L)
3. **P2 – P6:** Aplikasi *T. asperellum* (strain HMRP7A, HMRP9A, HMRP10, CHM01, dan CHM02).

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Variabel yang diamati meliputi daya tumbuh, pH tanah, suhu tanah, parameter vegetatif (tinggi

tanaman, diameter batang), dan intensitas penyakit. Penilaian intensitas penyakit hawar daun dilakukan berdasarkan luas gejala serangan pada daun menggunakan skala kategori serangan merujuk pada metode Townsend dan Heuberger (1943). Data dianalisis menggunakan ANOVA dan diuji lanjut dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Daya Tumbuh (*plant stand*) 7 HST

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi beberapa strain *T. asperellum* (P1, P2, P4, dan P6) memberikan pengaruh nyata terhadap daya tumbuh tanaman pada umur satu minggu. Data rata-rata daya kecambah disajikan pada Tabel 1, berikut

Tabel 1. Rata-rata daya kecambah jaung varietas anoman umur 7 HST dengan perlakuan aplikasi strain *T. asperellum*

No	Perlakuan	% Tanaman Tumbuh	NP. UJGD
			0,05
1	P6	94,4 A	0,089
2	P4	95,8 A	0,093
3	P2	93,1 A	0,096
4	P1	91,7 A	0,098
5	P5	90,3 Ab	0,099
6	P3	87,5 Ab	0,100
7	P0	80,6 B	
Rata-rata		90,5	

Keterangan: Angka yang di ikuti huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda duncan (UJGD) taraf kesalahan 5%.

Aplikasi strain *T. asperellum* efektif meningkatkan persentase tumbuh tanaman dibandingkan dengan kontrol (P0) yang memiliki nilai terendah sebesar 80,6%. Perlakuan P4 dan P6 menunjukkan hasil tertinggi yang berbeda nyata dengan P0, mengindikasikan potensi strain tertentu dalam memacu vigor benih di awal pertumbuhan.

Aplikasi *T. asperellum* memberikan pengaruh nyata terhadap perubahan pH dan suhu tanah. Perlakuan P4 secara signifikan menghasilkan pH tanah tertinggi (6,153) dibandingkan P6 yang terendah (5,584). Selain itu, P4 juga mencatatkan suhu tanah tertinggi sebesar 31,511°C, yang berbeda nyata dengan kontrol P0 (30,822°C).

Kondisi Lingkungan Tanah (pH dan Suhu)

Tabel 2. Rata-rata pH dan suhu tanah pada jagung varietas anoman dengan perlakuan aplikasi strain *T. asperellum*

No	Perlakuan	pH Tanah	NP. UJGD 0,05	Suhu Tanah	NP. UJGD 0,05
1	P4	6.153 a	0,3052	31.511 a	0,4324
2	P0	6.040 ab	0,3204	31.378 ab	0,4540
3	P5	5.940 ab	0,3301	31.022 bc	0,4677
4	P3	5.878 abc	0,3370	31.000 bc	0,4774
5	P2	5.860 abc	0,3419	30.933 bc	0,4845
6	P1	5.769 bc	03458	30.867 c	0,4899
7	P6	5.584 c		30.822 c	
	Rata-rata	5,889		5,587	

Keterangan: Angka yang di ikuti huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda duncan (UJGD) taraf kesalahan 5%.

Secara biologis, peningkatan pH oleh perlakuan P4 membawa kondisi tanah ke kisaran optimal untuk pertumbuhan jagung (5,6–6,2). Kondisi pH yang lebih netral dan suhu yang lebih hangat mendukung aktivitas metabolik mikroba tanah dan ketersediaan nutrisi, yang secara tidak langsung berkontribusi pada lingkungan perakaran yang lebih sehat bagi tanaman.

Vegetatif Tanaman

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, aplikasi berbagai strain *Trichoderma asperellum* memberikan pengaruh tidak nyata terhadap seluruh parameter vegetatif yang meliputi tinggi tanaman, tinggi tongkol, diameter batang, panjang daun, dan lebar daun. Secara statistik, tidak terdapat perbedaan signifikan antara tanaman yang diberi perlakuan agen

hayati maupun kontrol, yang mengindikasikan bahwa pada fase pengamatan ini kontribusi *T. asperellum* belum mencapai ambang signifikansi untuk mengubah arsitektur morfologi tanaman jagung

varietas Anoman. Meskipun demikian, terdapat kecenderungan nilai numerik yang bervariasi sebagaimana disajikan pada Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Rata-rata parameter vegetatif tanaman jagung varietas Anoman akibat aplikasi strain *T. asperellum*

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Tinggi Tongkol (cm)	Diameter Batang (cm)	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun (cm)
P0	103,61	68,14	3,36	68,57	4,10
P1	114,83	66,22	3,33	74,78	4,49
P2	113,81	68,53	3,12	70,22	4,33
P3	111,11	66,72	3,04	69,67	4,42
P4	116,92	64,69	3,32	64,93	4,52
P5	115,22	74,11	3,02	75,00	4,76
P6	129,70	70,56	3,82	81,11	4,91
Tingkat Signifikansi	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan: tn = berpengaruh tidak nyata berdasarkan ANOVA taraf 5%

Data di atas menunjukkan bahwa perlakuan P6 secara konsisten mencatatkan angka tertinggi pada parameter tinggi tanaman (129,70 cm), diameter batang (3,82 cm), serta panjang dan lebar daun (81,11 cm dan 4,91 cm), sementara tinggi tongkol tertinggi dicapai oleh perlakuan P5 (74,11 cm). Namun, dikarenakan hasil uji statistik menunjukkan pengaruh yang tidak nyata, perbedaan angka-angka tersebut tidak dapat dianggap sebagai keunggulan

perlakuan tertentu, melainkan hanya merupakan keragaman alami dari pertumbuhan vegetatif jagung varietas Anoman selama penelitian berlangsung.

Tingkat Serangan Penyakit

Aplikasi *T. asperellum* memberikan pengaruh nyata dalam menekan persentase serangan penyakit hawar pada umur 75 HST. Perbandingan tingkat serangan

disajikan dalam Tabel 3, sebagai berikut:

Tabel 4. Rata-rata persentase serangan penyakit hawar tanaman jagung umur 75 HST pada jagung varietas anoman dengan perlakuan aplikasi strain *T. asperellum*

No	Perlakuan	% Hawar	NP. UJGD 0,05
1	P0	60.556 a	0,1525
2	P3	44.722 b	0,1601
3	P6	43.333 b	0,1649
4	P2	37.778 b	0,1683
5	P5	36.667 b	0,1708
6	P4	36.111 b	0,1728
7	P1	33.362 b	
Rata-rata		6,44	

Ket. : Tingkat serangan penyakit (setelah ditrasfomasi arcin akara) pada taraf uji jarak berganda duncan (UJGD) taraf kesalahan 5%. Angka yang di ikuti huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata menurut UJGD taraf kesalahan 5%

Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa seluruh strain *T. asperellum* (P2 hingga P6) memiliki kemampuan yang setara dengan fungisida Nordox (P1) dalam menekan penyakit. Perlakuan kontrol (P0) mengalami tingkat serangan tertinggi (60,56%), sementara aplikasi agen hayati berhasil menurunkan tingkat serangan secara signifikan ke kisaran 33% hingga 44%. Hal ini menegaskan efektivitas *T. asperellum* sebagai agen biokontrol terhadap penyakit hawar daun.

Pembahasan

Efektivitas *T. asperellum* terhadap Daya Tumbuh

Aplikasi strain *T. asperellum* melalui perlakuan benih

menunjukkan pengaruh nyata terhadap persentase tanaman tumbuh jagung varietas Anoman pada umur 7 HST. Hasil penelitian mencatat bahwa perlakuan P6 (strain CHM02) memberikan daya tumbuh tertinggi mencapai 94,4%, yang secara signifikan berbeda dengan kontrol (P0) sebesar 80,6%. Peningkatan ini membuktikan bahwa inokulasi agen hayati pada benih mampu memberikan perlindungan awal dan rangsangan fisiologis yang memacu vigor perkecambahan.

Peningkatan daya tumbuh ini berkaitan erat dengan kemampuan *T. asperellum* dalam menghasilkan senyawa stimulator pertumbuhan seperti *harzianolide* dan *indole acetic acid* (IAA). Senyawa-senyawa ini

berperan aktif dalam mempercepat pembelahan sel pada meristem akar, sehingga memperluas area penyerapan nutrisi sejak awal pertumbuhan. Sebagaimana dikemukakan oleh Xin Yao *et al.* (2023), zat bioaktif dan enzim pengurai yang dihasilkan *Trichoderma* secara kolektif meningkatkan kesehatan benih dan meminimalkan kegagalan tumbuh akibat gangguan lingkungan.

Meskipun secara umum memberikan hasil lebih baik dari kontrol, perbedaan respons antar-strain mengindikasikan variasi kecepatan kolonisasi pada permukaan benih. Menurut Harman *et al.* (2004), *Trichoderma* membutuhkan waktu adaptasi untuk membentuk simbiosis yang stabil dengan perakaran tanaman sebelum fungsinya sebagai pemacu pertumbuhan (*Plant Growth Promoting Fungi*) teraktivasi sepenuhnya. Keberhasilan tahap awal ini sangat krusial untuk memastikan populasi tanaman yang optimal di lapangan.

Modifikasi Fisikokimia Tanah oleh Agen Hayati

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa keberadaan *T. asperellum* secara signifikan mampu memodifikasi kondisi fisikokimia tanah, terutama pH dan suhu. Strain HMRP10 (P4) memberikan hasil paling menonjol dengan meningkatkan pH tanah hingga mencapai 6,153, yang berada dalam

kisaran optimal bagi pertumbuhan jagung. Perubahan pH ini bukan sekadar proses fisik, melainkan hasil dari aktivitas biokimia mikroba yang melepaskan asam-asam organik ke dalam rizosfer.

Mekanisme perbaikan lingkungan tanah ini dipicu oleh kemampuan *Trichoderma* menghasilkan enzim seperti fosfatase dan asam organik berupa asam sitrat serta glukonat. Asam-asam ini bekerja melarutkan unsur hara yang terikat dalam tanah, sehingga meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman sekaligus menstabilkan tingkat keasaman media tanam. Yukun Ma *et al.* (2023) menjelaskan bahwa *T. asperellum* efektif mengatur keseimbangan ion di area rizosfer, yang secara langsung memperbaiki mikroekologi tanah untuk mendukung metabolisme benih.

Selain pH, kenaikan suhu tanah yang teramati pada perlakuan P4 (31,511°C) mencerminkan tingginya aktivitas biologis di dalam media tanam. Suhu yang lebih hangat dibandingkan kontrol mengindikasikan adanya proses dekomposisi bahan organik dan aktivitas enzimatik mikroba yang lebih intens. Menurut Entry *et al.* (2004), suhu tanah yang terjaga pada level tertentu sangat krusial untuk mempercepat siklus nutrisi dan meningkatkan populasi mikroorganisme menguntungkan di dalam rizosfer.

Respons Parameter Vegetatif dan Keterbatasannya

Berdasarkan analisis statistik, aplikasi berbagai strain *T. asperellum* memberikan pengaruh tidak nyata terhadap seluruh parameter vegetatif seperti tinggi tanaman, diameter batang, serta ukuran daun. Hal ini menunjukkan bahwa rangsangan hormonal dari agen hayati belum cukup kuat untuk mengubah struktur morfologi tanaman secara signifikan pada fase pengamatan awal di rumah kaca. Secara statistik, pertumbuhan vegetatif antar-perlakuan masih dianggap setara meskipun secara numerik terdapat variasi nilai.

Ketidaksignifikanan ini kemungkinan disebabkan oleh lingkungan rumah kaca yang cenderung homogen, sehingga potensi adaptif dari *Trichoderma* tidak terlihat secara kontras dibandingkan kondisi lapangan yang penuh tekanan. Selain itu, kolonisasi mikroba memerlukan waktu yang cukup lama untuk memberikan dampak morfologis yang nyata pada struktur batang dan daun yang lebih besar. Menurut Whipps (2001), interaksi mikroba memerlukan waktu perkembangan yang berkelanjutan untuk menghasilkan perubahan fisik yang dapat terdeteksi secara statistik.

Penting untuk dicatat bahwa penelitian ini masih terbatas pada fase vegetatif dan belum mengukur parameter produktivitas atau hasil panen akhir. Tanpa data hasil panen,

sulit untuk menentukan apakah kecenderungan numerik yang lebih baik pada parameter vegetatif, seperti tinggi tanaman pada P6 (129,70 cm), akan berkorelasi dengan peningkatan produksi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu diarahkan pada pengujian skala lapangan dengan periode pengamatan yang lebih panjang hingga fase generatif.

Ketahanan terhadap Penyakit Hawar Daun

Evaluasi terhadap ketahanan tanaman menunjukkan bahwa *T. asperellum* memberikan pengaruh sangat nyata dalam menekan intensitas penyakit hawar daun pada umur 75 HST. Seluruh strain yang diuji berhasil menurunkan tingkat serangan hingga berada di kisaran 36% hingga 44%, yang secara signifikan lebih rendah dibandingkan kontrol negatif (P0) sebesar 60,56%. Efektivitas ini menunjukkan bahwa peran *T. asperellum* sebagai agen biokontrol bekerja cukup kuat pada penelitian ini.

Kemampuan penekanan penyakit ini didukung oleh mekanisme mikoparasitisme, di mana *Trichoderma* menghasilkan enzim litik seperti xilanase dan selulase yang mampu menghancurkan dinding sel patogen *Exserohilum turcicum*. Selain itu, kolonisasi *Trichoderma* pada akar menciptakan kompetisi ruang dan nutrisi yang menghambat perkembangan patogen. Howell

(2003) menegaskan bahwa produksi metabolit sekunder oleh *Trichoderma* juga menginduksi ketahanan sistemik tanaman (ISR) terhadap infeksi daun.

Data penelitian memperlihatkan bahwa daya tekan agen hayati ini setara dengan penggunaan fungisida sintetik Nordox (P1) yang mencatatkan tingkat serangan 33,36%. Hal ini menjadi temuan penting bagi upaya pengurangan input kimia dalam budidaya jagung tanpa mengorbankan perlindungan tanaman terhadap penyakit utama. Penggunaan agen hayati ini menawarkan solusi berkelanjutan melalui pemeliharaan area daun sehat yang lebih luas untuk mendukung proses fotosintesis tanaman.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat diperoleh bahwa :

1. Aplikasi *Trichoderma asperellum* sebagai PGPF efektif meningkatkan kualitas pertumbuhan awal jagung Anoman, di mana strain CHM02 menghasilkan daya tumbuh tertinggi (94,4%) dan strain HMRP10 paling optimal dalam memperbaiki kondisi fisikokimia tanah dengan meningkatkan pH ke angka 6,153 serta suhu tanah ke 31,511°C.
2. Potensi seluruh strain *T. asperellum* sebagai agen biokontrol yang diuji terbukti

sangat efektif menekan intensitas serangan penyakit hawar daun hingga kisaran 36 - 44% (dibandingkan kontrol yang mencapai 60,56%), menunjukkan performa perlindungan hayati yang setara dengan fungisida sintetik namun lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelkhalek, A., Al-Askar, A. A., Arishi, A. A., and Behiry, S. I. (2022). *Trichoderma hamatum* strain Th23 mendorong pertumbuhan tomat dan menginduksi ketahanan sistemik terhadap virus mosaik tembakau. *J. Fungi* 8:228. doi: 10.3390/jof803022
- Agbessenou, A., Akutse, K. S., Yusuf, A. A., and Khamis, F. M. (2022). The endophyte *Trichoderma asperellum* M2RT4 induces the systemic release of methyl salicylate and (Z)-jasmone in tomato plant affecting host location and herbivory of *Tuta absoluta*. *Front. Plant Sci.* 13:860309. doi: 10.3389/fpls.2022.860309
- Agatha Erizta igathendi, Andi Soegianto, Arifin Noor Sugiharto. 2014. Karakterisasi

Ali et al.

- Tujuh Genotip Jagung Manis (Zea mays saccharata Sturt.) Hibrida. Jurnal Produksi Tanaman Pangan. Volume 2, Nomor 8. Hlm 558-664
- Andayani NN, Sunarti S, Azrai M, Praptana RH. 2014. Stabilitas Jagung Hibrida Silang Tuggal. Penel pert Tan Pangan. 33(3): 148-154.
- Azizah, E., et. Al. 2017. Identifikasi Morfologi dan Jagung Hibrida Unpad pada tumpangsari dengan padi hitam didataran Tinggi Arjasari Jawa Barat. Jurnal Kultivasi. Vol. 16(1).
- Azrai M, Kasim F, dan Hidayat JR. 2006. Stabilitas Hasil Jagung Hibrida. Penel Pert Tan Pangan. 25(3): 163-169.
- Badan Pusat Statistik. (2021). Analisis Produktivitas Jagung dan Kedelai di Indonesia 2020 (hasil Survei Ubinan) (dan P. Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura (ed.) BPS-RI.
<https://www.bps.go.id/publication/>
- Bononi, L., Chiaramonte, J. B., Pansa, C. C., Moitinho, M. A., and Melo, I. S. (2020). Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improves soybean plant growth. Sci. Rep. 10:2858. doi: 10.1038/s41598-020-59793-82021/07/27/16e8f4b2ad77dd7de2e53ef2/analisis-produktivitas-jagung-dan-kedelai-di-indonesia-2020-hasil-survei-ubinan.html
- Degani, O., Rabinovitz, O., Becher, P., Gordani, A., and Chen, A. (2021b). *Trichoderma longibrachiatum* and *Trichoderma asperellum* confer growth promotion and protection against late wilt disease in the field. J. Fungi 7:444. doi: 10.3390/jof7060444
- Dibiya Nyoman, Suyarto R. 2017. Buidaya Jagung. Universiitas Udayana
- Dongoran, D. 2009. Respons Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis (Zea mays saccharata Sturt.) terhadap Pemberian Pupuk Cair TNF dan Pupuk Kandang Ayam. USU : Medan.
- Endelman JB, Atlin GN, Beyene, Semagn K, Zhang X, Sorrels ME, Jannik JL. 2013. Optimal Design of Preliminary Yield Trials With Genome Wide Marker. Crop Science. 54(1): 48-59.

Ali *et al.*

- Gary J. Samuels, Elke Lieckfeldt, Helgard I. Nirenberg (1999): *Trichoderma asperellum*, a new species with warted conidia, and redescription of *T. viride*. – *Sydowia* – 51: 71 - 88.
- 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.
- Howell, C. R. (2003). Mechanisms Employed by *Trichoderma* Species in the Biological Control of Plant Diseases: The History and Evolution of Current Concepts. *Plant Disease*, 87(1), 4–10. doi:10.1094/pdis.2003.87.1.4
- Joo, J. H., and Hussein, K. A. (2022). Biological control and plant growth promotion properties of volatile organic compound-producing antagonistic *Trichoderma* spp. *Front. Plant Sci.* 13:897668. doi: 10.3389/fpls.2022.897668
- Kakabouki, I., Tataridas, A., Mavroeidis, A., Kousta, A., Karydogianni, S., Zisi, C., et al. (2021). Effect of colonization of *Trichoderma harzianum* on growth development and CBD content of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Microorganisms* 9:518. doi: 10.3390/microorganisms9030518
- Karuppiah, V., Sun, J., Li, T., Vallikkannu, M., and Chen, J. (2019a). Co-cultivation of *Trichoderma asperellum* GDFS1009 and *Bacillus amyloliquefaciens* 1841 causes differential gene expression and improvement in the wheat growth and biocontrol activity. *Front. Microbiol.* 10:1068. doi: 10.3389/fmicb.2019.01068
- Karuppiah, V., Vallikkannu, M., Li, T., and Chen, J. (2019b). Simultaneous and sequential based co-fermentations of *Trichoderma asperellum* GDFS1009 and *Bacillus amyloliquefaciens* 1841: a strategy to enhance the gene expression and metabolites to improve the bio-control and plant growth promoting activity. *Microb. Cell Fact.* 18:185. doi: 10.1186/s12934-019-1233-7
- Lombardi, N., Caira, S., Troise, A.D., Scaloni, A., Vitaglione, P., Vinale, F., dkk. (2020a). Aplikasi *Trichoderma* pada tanaman stroberi memodulasi

Ali *et al.*

proses fisiologis yang secara positif mempengaruhi produksi dan kualitas buah. *Depan. Microbiol.* 11:1364. doi: 10.3389/fmicb.2020.01364

Mariyah Ulfa, Azwir Anhar, Violita, Vauzia, 2024. Growth of *Trichoderma asperellum* with the Addition of Paraffin to Corn-Based Medium. *SERAMBI BIOLOGI* Vol. 9 No. 1 pp. 23-30 2024

Marra, R., Lombardi, N., Piccolo, A., Bazghaleh, N., Prashar, P., Vandenberg, A., et al. (2021). Mineral biofortification and growth stimulation of lentil plants inoculated with *Trichoderma* strains and metabolites. *Microorganisms* 10:87. doi: 10.3390/microorganisms10010087

Martínez-Medina, A., Alguacil, M.D.M., Pascual, J.A., Wees, S.C.M.V., 2014. Phytohormone profiles induced by *Trichoderma* isolates correspond with their biocontrol and plant growth-promoting activity on melon plants. *J. Chem. Ecol.* 40 (7), 804–815

Minardi S., 2016. Optimalisasi Pengelolaan Lahan Kering

Untuk pengembangan Pertanian Tanaman Pangan. Library.uns.ac.id

Muhammed Ali Hossain., Fariha Tanjum Swarna., Fariha Tanjum., Swarna Rabeya., Islam Hamim., 2023. *Trichoderma asperellum* suppresses viral diseases and promotes the growth and yield of country bean. *Frontiers. Frontiers | Trichoderma asperellum suppresses viral diseases and promotes the growth and yield of country bean*

Nur A. Zin, Noor A. Badaluddin., 2020. Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2020.09.003>

Jumadi Oslan, Juanda Muhammad, caronge WM, Mu'nisa A, Iriany Neny.,2021. Teknologi Budidaya Tanaman Jagung (*Zea Mays*) dan Sorgum (*Sorghum bicolor* L). penerbitan Jurusan Biologi FMIPA UNM

Puti Maharani, Suryanti, Tri Joko, Susanto Somowiyarjo 2024. *Rhizophagus intraradices* dan *Trichoderma asperellum* sebagai Bioprotektan dan Biofertilizer pada Bawang

Merah TSS. JIPI. Vol. 29 (2):
287-297

- R. Vechithran¹, Mayukh Sarkar¹,
Ranjna Kumari², Paveen
Prashant¹ and Vipul Kumar¹,
2025. Synergistic Application
of *Trichoderma asperellum*
and Biochar in Enhancing
Cellulase Activity and
Biocontrol Efficacy against
Pythium aphanidermatum.
Microbiol. 2025;19(3):1889-
1902.
<https://doi.org/10.22207/JPA>
M.19.3.14
- Rawal, R., Scheerens, J. C.,
Fenstermaker, S. M., Francis,
D. M., Miller, S. A., and
Benitez, M. S. (2022). Novel
Trichoderma isolates alleviate
water deficit stress in
susceptible tomato genotypes.
Front. Plant Sci. 13:869090.
doi:
10.3389/fpls.2022.869090
- Reza Putri¹, Joko Prasetyo², Tri
Maryono² dan Suskandini
Ratih D² (2022). Pengaruh
Empat Isolat *Trichoderma*
Spp. Terhadap Penyakit Bulai
Dan Pertumbuhan Tanaman
Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal*
Agrotek Tropika, Mei 2022,
Vol 10, No. 2, pp. 177 – 185.
DOI :
<http://dx.doi.org/10.23960/jat.v10i2.5873>
- Siregar, R.S., Cik, Z. dan Saffrudin.
2018. Pengaruh Pemberian
Dosis *Trichoderma* sp. Dan
Jenis Pupuk Kandang
Terhadap Pertumbuhan Dan
Produksi Tanaman Kacang
Panjang (*Vigna sinensis* L.).
Journal Agricultural
Research. 14(2) : 21-34.
- Siska Syaranamual, Yaved Muyan¹,
Amelia S. Sarungallo. 2024.
Uji Daya Kecambah Dan Uji
Daya Tumbuh Benih
Beberapa Tanaman Pangan:
Suatu Pendekatan Untuk
Hasil Berkelanjutan. *Jurnal*
AGRI PEAT, Vol. 25 No. 1,
Maret 2024: 1 - 8
- Wang, H., Zhang, R., Duan, Y., Jiang,
W., Chen, X., Shen, X., et al.
(2021). The endophytic strain
Trichoderma asperellum 6S-
2: an efficient biocontrol
agent against apple replant
disease in China and a
potential plant-growth-
promoting fungus. *J. Fungi*
7:1050. doi:
10.3390/jof7121050
- Whipps, J. M. (2001). Microbial
interactions and biocontrol in
the rhizosphere. *Journal of*
Experimental Botany,
52(suppl 1), 487-511.

Xin Yao , Hailin Guo, Kaixuan Zhang, Mengyu Zhao1, Jingjun Ruan dan Jie Chen (2023). *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Front. Microbiol.* <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1160551>

Yukun Ma, Yetong Li, Shijia Yang, Yu Li and Zhaoxiang Zhu (2023). Biocontrol Potential of *Trichoderma asperellum* Strain 576 against *Exserohilum turcicum* in *Zea mays*. *Jurnal of Fungi*. doi: 10.3390/jof9090936