

PEMANFAATAN EKSTRAK AMPAS TAHU SEBAGAI MEDIA *Trichoderma brevicompectum* DALAM MENEKAN *Fusarium sp.* DAN MENINGKATKAN PERKECAMBAHAN BENIH CABAI

Utilization of Tofu Drain Extract as a Media for Trichoderma Brevicompectum in Suppressing Fusarium sp. and Increasing Chili Seed Germination

Aldianto S. Amas*, Rida Iswati, Nikmah Musa

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo

E-mail: *aldiantoamas011@gmail.com

ABSTRACT

Chili peppers (Capsicum annum L.) are a commodity with high economic value and a very high consumption rate in Indonesia. The high demand is not matched by the availability of production, because chili plants are susceptible to Fusarium sp. disease. Farmers control the disease using chemical pesticides, the use of which causes negative impacts such as land degradation, death of natural enemies, and environmental pollution. A more environmentally friendly control alternative is Trichoderma sp., which is able to suppress Fusarium sp. pathogens and has the potential to increase plant growth. In this study, tofu dregs extract was used as a propagation medium for T. brevicompectum. This study aimed to examine the potential of tofu dregs extract as a propagation medium for T. brevicompectum, assess the effectiveness of the formulation in inhibiting Fusarium sp. in vitro, and evaluate its effect on chili seed germination. The research activities were carried out experimentally from April–July 2025 at the Biological Agent Laboratory of BTPH Gorontalo Province. Observed parameters included media characteristics, growth and sporulation of T. brevicompectum, inhibition against Fusarium sp., and the formulation's ability to increase chili seed germination. Data were analyzed descriptively for the physical properties of the media, using a t-test for spore density, and ANOVA followed by a 5% BNJ test for seed growth parameters. The results showed that tofu dregs extract effectively supported the growth and sporulation of T. brevicompectum. The resulting formulation effectively inhibited Fusarium sp. in vitro and increased chili seed viability in in vivo tests, with germination values equivalent to fungicide treatment. Tofu dregs extract has the potential to be a propagation medium for T. brevicompectum and its application as a biopesticide to suppress Fusarium sp. disease and stimulate chili seed germination.

Keywords: Chili Seeds; Tofu Dregs Extract; *Trichoderma Brevicompectum*; *Fusarium sp.*

PENDAHULUAN

Tanaman hortikultura yang dikenal dengan nama cabai merah (*Capsicum annum L.*) merupakan anggota dari famili Solanaceae. Cabai memiliki nilai gizi dan ekonomis yang tinggi serta menjadi komoditas penting dalam kebutuhan masyarakat, terutama sebagai bahan masakan. Selain peranya dalam kuliner, cabai merah mengandung berbagai nutrisi, seperti protein, lemak, karbohidrat, kalsium dan vitamin A (Yupendi et al., 2024). Banyaknya peminat tanaman cabai tersebut menekankan para petani dan masyarakat untuk menyediakan produksi cabai dengan jumlah yang besar. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), Provinsi Gorontalo merupakan salah satu penghasil cabai rawit.

Pada periode 2018–2019 produktivitas cabai rawit di Provinsi Gorontalo mencapai 93,43–90,38 kuintal/ha. Namun, tahun 2020-2021 mengalami penurunan menjadi 73,90 - 60,84 kuintal/ha, pada tahun 2022-2023 kembali menurun menjadi 55,05-63,15 (BPS Provinsi Gorontalo, 2023). Penurunan produksi tanaman cabai disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah serangan penyakit layu *Fusarium sp.*

Fusarium sp. merupakan patogen tular tanah yang sangat berbahaya bagi tanaman cabai, karena patogen dapat menyerang tanaman cabai mulai dari masa perkecambahan sampai fase generatif. Meskipun dikenal sebagai patogen tular tanah, cendawan ini tidak hanya terjadi pada perakaran tanaman, tetapi juga dapat menginfeksi organ lain seperti daun, batang,

bunga, dan buah melalui luka (Nurjannah, 2020). Jamur *Fusarium sp.* sangat merugikan karena dapat menurunkan tingkat produksi tanaman cabai hingga 50%, bahkan terjadi gagal panen (Abdila & Maduratna, 2021). Penyakit ini dapat terjadi kapan saja, baik pada musim kering maupun musim hujan. Gejala diawali dengan menguningnya tulang daun pada bagian atas, yang diikuti oleh penggulungan daun yang lebih tua, dan pada serangan tingkat lanjut menyebabkan tanaman rebah dan mati (Yupendi et al., 2024).

Pada saat sebagian besar para petani mengendalikan *Fusarium sp.* menggunakan pestisida kimia. Namun, penggunaan pestisida kimia tidak hanya memiliki harga yang relatif tinggi, tetapi juga menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan seperti akumulasi residu pestisida, patogen menjadi resisten, epidemi penyakit, terbunuhnya musuh alami dan pencemaran lingkungan (Duriat et al., 2007). Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dhaifulloh et al., (2024) menyatakan bahwa residu pestisida dapat mengganggu keseimbangan ekosistem tanah dengan merusak mikroorganisme serta menghambat proses biologis yang berperan penting dalam menjaga kesuburan tanah. Diperlukan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan untuk menekan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman cabai. Pengendalian dengan memanfaatkan agen hayati merupakan alternatif yang efektif, ekonomis serta ramah lingkungan, karena dapat mengurangi resiko pencemaran tanah, air, dan udaran serta mengurangi dampak negatif terhadap organisme non-target dan mikroba tanah (Alfia & Haryadi, 2022). Salah satu agen hayati yang dapat dimanfaatkan dalam mengendalikan patogen fusarium adalah jamur *Trichoderma sp.*

Trichoderma sp. merupakan mikroorganisme tanah sebagai agen pengendali hayati saprofit yang secara alami

menyerang jamur patogen karena mempunyai sifat antagonis yang kuat serta bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman yang ditempati oleh bakteri saprofit. Manfaat berupa peningkatan pertumbuhan karena mampu menghasilkan hormon pertumbuhan. Bakteri ini berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap beberapa patogen dengan cara menginduksi mekanisme pertahanan tanaman, sehingga lebih resisten terhadap penyakit (Rahmi et al., 2023). Jamur *Trichoderma sp.* Memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain melalui mekanisme antibiosis, yang terjadi akibat interaksi antara jamur antagonis dan patogen. jamur antagonis ini menghasilkan senyawa antibiotik, maka pertumbuhan patogen dapat ditekan, sehingga berperan sebagai agen pengendali hayati dalam sistem pertanian (Muhibuddin et al., 2021).

Trichoderma sp. umumnya diperbanyak menggunakan media padat, terutama beras dan jagung, namun metode ini memiliki kelemahan karena memerlukan biaya produksi yang relatif lebih tinggi. Selain itu, perbanyakkan *Trichoderma* pada media padat sering menghasilkan kepadatan spora yang tidak merata, sehingga kolonisasi di akar tanaman kurang optimal dan efektivitasnya terhadap patogen menjadi tidak stabil (Utami et al., 2023). Penggunaannya juga kurang praktis karena membutuhkan dosis besar dan sulit diaplikasikan secara merata di lahan luas maupun dengan alat modern seperti sprayer atau sistem irigasi. Sebaliknya, perbanyakkan *Trichoderma sp.* pada media cair memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan media padat. Melalui proses fermentasi cair, pertumbuhan miselium dan pembentukan spora berlangsung lebih cepat dengan hasil biomassa yang lebih tinggi karena nutrisi terserap secara merata. Selain itu, kondisi lingkungan yang terkontrol dalam media cair mampu menghasilkan inokulum yang lebih homogen dan berkualitas, sekaligus menekan risiko kontaminasi selama proses produksi (Arida et al., 2019). Media cair juga mempermudah pengendalian faktor lingkungan,

seperti pH dan kadar oksigen, sehingga dapat meningkatkan produktivitas serta kualitas kultur. Penelitian oleh Mbiyu et al. (2012) menunjukkan bahwa penggunaan media cair lebih ekonomis dibandingkan dengan media padat dalam perbanyak mikrokontang secara *in vitro*.

Salah satu limbah organik yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai media perbanyak *Trichoderma sp.* adalah ampas tahu yang mengandung serat yaitu 19.80%, karbohidrat 57.26%, dan protein 15.80% (Nurhayati, 2020). Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Masyhura et al., (2019) Ampas tahu masih mengandung zat gizi yang tinggi, yaitu protein (26.6%), lemak (18.3%), karbohidrat (41.3%), fosfor (0.29%), kalsium (0.19%), besi (0.04%) dan air (0.09%). Hal ini dapat mendukung pertumbuhan *Trichoderma* secara optimal. Ketersediaan jumlah dari limbah ampas tahu di Indonesia cukup melimpah, Dilansir dari Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, (2021) Konsumsi tahu di Indonesia diperkirakan mengalami peningkatan dari 7,86 kg per kapita pada tahun 2021 menjadi 7,95 kg per kapita di tahun 2023 dan terdapat sekitar 84.000 unit industri pengolahan tahu, yang mencakup industri skala rumah tangga dengan jumlah tenaga kerja antara 5 hingga 8 orang, serta industri berskala besar dengan jumlah pekerja lebih dari 100 orang. Dalam proses pembuatan tahu tidak hanya menghasilkan produk akhir berupa tahu, tetapi juga menghasilkan produk sampingan, yakni limbah cair dan limbah padat. Sebagian besar limbah cair industri tahu masih dibuang langsung ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Kondisi ini menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti pencemaran sungai, bau tidak sedap, dan kerusakan lahan pertanian yang berdampak pada kerugian petani serta memicu konflik

dengan masyarakat sekitar. Beberapa industri tahu yang telah terlayani oleh sistem pengolahan limbah komunal mulai mengolah limbah cair tersebut menjadi produk yang lebih bermanfaat, seperti biopestisida, sebagai upaya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Dewi et al., 2023).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan kurang lebih 3 bulan, yakni bulan April – Juli 2025, di Laboratorium dan Greenhouse yang berada di Balai Perlindungan Tanaman dan Hortikultura (BPTPH) Provinsi Gorontalo, Desa Toto Selatan, Kecamatan Kabila, Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo.

Peremajaan Isolat *T. brevicompactum* dan Patogen *Fusarium sp*

Isolat *T. brevicompactum* dan *Fusarium sp.* diremajakan pada media PDA steril, diinokulasikan menggunakan jarum ose (5 mm), dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang. Setelah peremajaan, isolat *Fusarium sp.* diuji virulensinya. Benih cabai disterilisasi dengan alkohol 70%, dibilas akuades steril, kemudian diinokulasikan pada media PDA berisi biakan *Fusarium sp.*, sedangkan kontrol ditanam pada PDA steril. Seluruh perlakuan diinkubasi selama 14 hari pada suhu ruang dan diamati gejala infeksi untuk memastikan virulensi patogen.

Penyiapan Suspensi Patogen *Fusarium sp.*

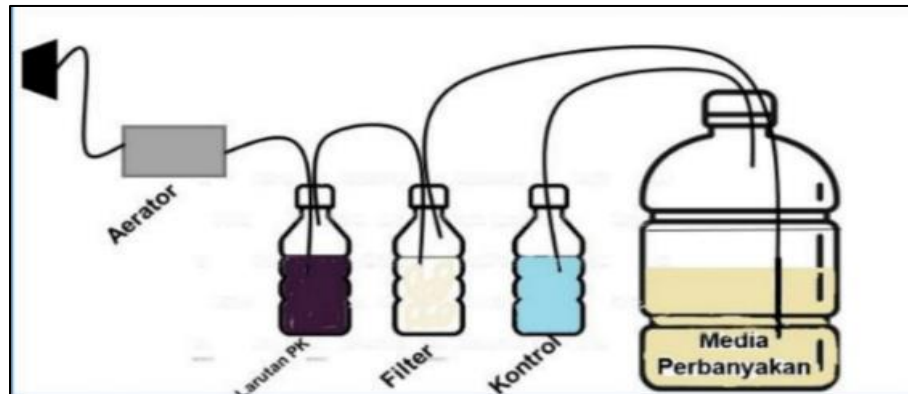
Biakan jamur *Fusarium sp.* yang telah tumbuh pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) selama 7 hari dipanen dengan cara menambahkan akuades steril ke permukaan biakan sebanyak ± 10 ml. Permukaan biakan kemudian diusap perlahan menggunakan jarum ose steril hingga spora terlepas dan tersuspensi dalam akuades. Suspensi jamur yang terbentuk selanjutnya dipindahkan ke dalam erlenmeyer steril, dan volumenya disesuaikan hingga mencapai 100 ml dengan penambahan akuades steril (Sandiase et al., 2023)

Suspensi dihomogenisasi menggunakan *magnetic stirrer* hingga spora tercampur merata dalam larutan. Setelah proses homogenisasi,

dilakukan pengenceran bertingkat menggunakan akuades steril hingga diperoleh kerapatan spora sebesar 10^6 konidia/ml, yang digunakan sebagai inokulum untuk tahap pengujian berikutnya (Nisa, 2018).

Formulasi *T. brevicompactum* dalam Ekstra Ampas Tahu

Peralatan dipasang sesuai dengan skema urutan dan dihubungkan secara erat dengan masing-masing alat menggunakan selang aerator ukuran 5 mm. Rancangan dirangkai dengan bantuan lem tembak agar udara tidak bisa masuk dan proses fermentasi dapat berjalan dengan baik.



Gambar 1. Rancangan Instalansi Fermentor Media Tumbuh *T. brevicompactum*
Sumber : (Fadlillah et al., 2023)

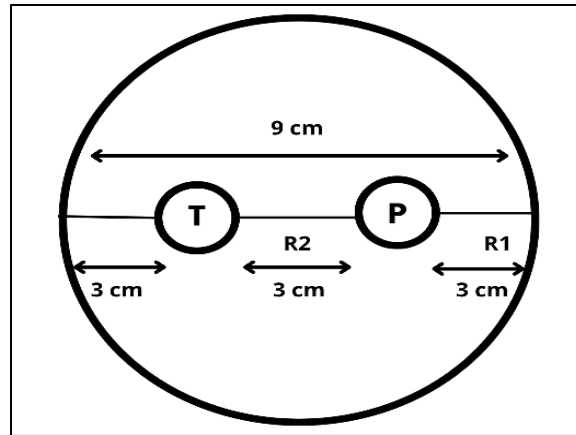
Perbanyakan Ukuran *T. brevicompactum* pada Ekstrak Ampas Tahu

1. Limbah ampas tahu sebanyak 112 gram kemudian dicampurkan dengan air sebanyak 3.500 ml dan direbus selama 20 menit dan disaring menggunakan penyaring untuk memisahkan ampas dengan ekstrak.
2. Larutan ekstrak ditambahkan 50 g gula, dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan disterilisasi selama 15 menit dalam autoclaf dengan suhu 121°C .
3. Sterilisasi ekstrak ampas tahu selesai, diamkan hingga dingin pada suhu (25–

30°C), lalu tuang ke dalam botol rancangan instalasi. *T. brevicompactum* diinokulasi ke dalam media sebanyak 4 potong kultur (\pm diameter 9 mm), kemudian difermentasi selama 9 hari.

Uji potensi Formula *T. brevicompactum* dalam Ekstrak Ampas Tahu

Uji antagonis antara *T. brevicompactum* dan isolat *Fusarium sp.* menggunakan metode *dual culture* untuk menguji kemampuan antagonis *T. brevicompactum* terhadap *Fusarium sp.*



Gambar 2. Skema Uji Antagonis *In vitro* antara Jamur Patogen *Fusarium* sp. (P) dengan Jamur *T. brevicompactum*

Uji kemampuan formula *T. brevicompactum* dalam ekstrak ampas tahu menggunakan metode umpan beracun dengan cara menumbuhkan isolat *Fusarium* sp. berdiameter 5 mm pada medium PDA yang telah diberikan 4 ml formula *T. brevicompactum* dalam ekstrak ampas tahu yang sebelumnya telah disaring menggunakan *syringe filter nylon*. Untuk kontrol, isolat *Fusarium* sp. ditanam pada media PDA tanpa tambahan formula *T. brevicompactum*. Inkubasi dilakukan pada suhu ruang selama 8 hari.

Uji Formula *T. brevicompactum* dalam Ekstrak Ampas Tahu sebagai Pemacu Pertumbuhan Benih Cabai

Formula *T. brevicompactum* disiapkan dari ekstrak ampas tahu hasil fermentasi 7 hari. Suspensi *Fusarium* sp. dibuat dari isolat berumur 7 hari yang diencerkan hingga $\pm 10^6$ spora/ml.

Pengujian benih dilakukan berdasarkan metode Sihotang et al. (2019) yang dimodifikasi. Benih cabai disterilisasi permukaan menggunakan NaOCl 20% selama 10 menit, alkohol 70% selama 10 menit, lalu dibilas akuades steril dan dikeringanginkan.

P0 = benih cabai direndam dalam Aquadest steril selama 6 jam (Tanpa *Fusarium* sp)

P1 = benih cabai direndam dalam suspensi *Fusarium* sp. selama 1 jam

P2 = benih cabai direndam dalam pestisida sintetik selama 30 menit kemudian dikering anginkan, lalu direndam ke dalam suspensi *Fusarium* sp. selama 1 jam

P3 = benih cabai direndam dalam Formula *T. brevicompactum* dalam ekstrak ampas tahu selama 6 jam

P4 = benih cabai direndam dalam Formula *T. brevicompactum* dalam ekstrak ampas tahu selama 6 jam, kemudian dikering anginkan lalu direndam dalam suspensi *Fusarium* sp. selama 1 jam

Setelah perlakuan, benih dikeringanginkan dan dikecambahkan pada media tissu steril dalam cawan petri (10 benih/cawan). Inkubasi dilakukan selama 14 hari pada suhu ruang. Pengamatan meliputi daya kecambah dan indeks vigor berdasarkan jumlah benih yang tidak berkecambah (Hanif & Susanti, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Dan Kimia formulasi *T. brevicompactum* dalam Ekstrak Ampas Tahu sebagai Pemacu Pertumbuhan

Pada penelitian ini diamati karakteristik pH, suhu, dan warna baik pada sampel kontrol (kentang) maupun pada limbah ekstrak ampas tahu. Seluruh hasil pengukuran disajikan secara rinci dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Sifat Fisik dan kimia Ekstar Ampas tahu dan kontrol

Karakteristik	Hasil Fermentasi Ekstrak			
	PDB (Kontrol)		Ekstrak Ampas Tahu	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Suhu	28.6 °C	28°C	25.4 °C	27.10 °C
pH	5,93	5.44	7,75	4.44
Warna	Kuning Kecoklatan	Hijau Muda	Putih	Putih kekuningan

Sumber: Data primer hasil penelitian (2025)

Berdasarkan pengamatan pada Tabel 1, suhu, pH, dan warna pada kedua media mengalami perubahan setelah fermentasi. Perubahan tersebut mencerminkan berlangsungnya aktivitas mikroorganisme yang memengaruhi kondisi fisik dan kimia media ekstrak ampas tahu dan *Potato Dextrok Brot* (kontrol). Hal ini sejalan dengan penelitian (Karmila et al., 2020) penurunan pH terjadi karena aktivitas mikroba yang semakin intens dalam memecah karbohidrat sehingga menghasilkan lebih banyak asam organik yang meningkatkan keasaman media karena mikroorganisme menguraikan senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang bersifat asam. Kondisi pH yang sedikit asam umumnya masih sesuai untuk pertumbuhan *Trichoderma sp.*, di mana pertumbuhannya akan optimum pada kisaran pH 4–5 (Safitri et al., 2022).

Perbedaan suhu yang terjadi pada kedua media dipengaruhi oleh aktivitas metabolik mikroorganisme selama proses fermentasi, di mana pemanfaatan substrat oleh mikroorganisme tersebut menghasilkan energi dalam bentuk panas sehingga menyebabkan perubahan suhu pada masing-masing media. Temuan ini sesuai dengan penelitian Kitesa, (2024) yang menyatakan bahwa saat proses fermentasi mikroorganisme memecah substrat untuk menghasilkan energi sehingga aktivitas eksotermiknya melepaskan panas dan menaikkan suhu bahan yang mengubah kondisi fisiknya. Peningkatan suhu menandakan mikroba bekerja intensif dan fermentasi berlangsung normal.

Trichoderma sp. diketahui memiliki suhu tumbuh optimum sekitar 30°C (Anees et al., 2018). Namun, pada penelitian ini suhu media fermentasi hanya mencapai 27,10°C pada ekstrak ampas tahu dan 28°C pada kontrol PDB, sehingga kondisi tersebut belum sepenuhnya mendukung pertumbuhan cendawan secara optimal.

Perubahan warna pada kedua media terlihat jelas. Pada media ekstrak ampas tahu yang ditumbuhi *T. brevicompactum*, warna awal putih berubah menjadi putih kekuningan dengan intensitas kuning yang semakin pekat. Perubahan ini diduga terkait dengan aktivitas enzimatik mikroorganisme yang mengubah komponen organik dalam media menjadi metabolit sekunder, termasuk pigmen dan senyawa lain yang terkandung di dalamnya, sehingga mencerminkan transformasi kimia dan biologis selama fermentasi. Kandungan ampas tahu yang meliputi senyawa isoflavon seperti genistein, daidzein, polifenol, pati, dan antioksidan juga berperan dalam memengaruhi perubahan warna pada hasil ekstraksi (Herlina et al., 2020). Perubahan warna tersebut menunjukkan bahwa senyawa alami dari bahan dasarnya ikut larut ke dalam media, sehingga mempengaruhi jumlah nutrisi yang diperlukan mikroba selama pertumbuhan.

Sifat Biologi Formulasi *T. brevicompactum* Pada Media Ekstrak Ampas Tahu Kerapatan Spora

Uji t digunakan untuk menentukan pengaruh penggunaan ekstrak ampas tahu sebagai media perbanyakan terhadap kerapatan spora *T. brevicompactum* dibandingkan dengan media kontrol berbasis kentang. Pengujian ini bertujuan untuk menilai sejauh mana kandungan

nutrisi dalam ekstrak ampas tahu mampu mendukung kemampuan *T. brevicompactum* dalam memproduksi serta meningkatkan jumlah spora sebagai agen antagonis

patogen tanaman. Hasil pengamatan kerapatan spora pada kedua perlakuan disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Uji t-Ekstrak Ampas Tahu terhadap kerapatan spora

Perlakuan	Kerapatan spora
Kontrol (PDB)	$8,2 \times 10^{9\text{tn}}$
Ekstrak Ampas Tahu	$6,9 \times 10^{8\text{tn}}$

Keterangan : Nilai $p > 0,05$

Berdasarkan pengamatan Tabel 2, jumlah kerapatan spora pada media PDB (kontrol) dan ekstrak ampas tahu berbeda tidak nyata. Hal ini menunjukkan bahwa kedua media memiliki efektivitas yang relatif setara dalam mendukung pertumbuhan serta pembentukan spora *T. brevicompactum*. Kerapatan spora pada media kontrol sedikit lebih tinggi, media ekstrak ampas tahu tetap mampu menunjang pertumbuhan *T. brevicompactum* secara optimal. Temuan ini mengindikasikan bahwa kandungan nutrisi dalam ekstrak ampas tahu cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan dan sporulasi jamur tersebut. Menurut Bria et al., (2019), nutrisi yang terkandung dalam PDB optimal dalam mendukung sporulasi jamur, karena PDB mengandung pati, ekstrak kentang, dekstrosa dan protein yang mudah dimetabolisme oleh mikroorganisme,

sehingga pertumbuhan dan pembentukan spora berlangsung lebih cepat.

Ekstrak ampas tahu juga mampu mendukung pertumbuhan dan pembentukan spora, meskipun jumlahnya sedikit lebih rendah dibandingkan dengan PDB (Kontrol). Kondisi ini mengidentifikasi bahwa kandungan protein, karbohidrat, dan mineral dalam ampas tahu dapat dimanfaatkan sebagai alternatif nutrisi untuk produksi spora (Nurhayati, 2020). Ketersediaan nutrisi tersebut keberadaannya cenderung berkurang dengan cepat karena keterbatasan kelarutan, sehingga memperlambat proses pembentukan spora (Vitale et al., 2025).

Berat Berangkasan

Parameter laju pertumbuhan relatif (RGR) serta laju pertumbuhan mutlak (AGR) digunakan sebagai indikator penting dalam menganalisis dinamika pertumbuhan miselium *T. brevicompactum* pada kondisi media.

Tabel 3. Pertumbuhan miselium *T. brevicompactum* pada ekstrak ampas tahu dan *Potato Dextrok Brot* (PDB)

Hari Pengamatan	Laju Pertumbuhan Relatif (RGR)		Laju Pertumbuhan Mutlak (AGR)	
	Kontrol	Ekstrak Ampas Tahu	Kontrol	Ekstrak Ampas Tahu
Berat Awal	01.41	01.41	01.41	01.41
4	6,43	9,73	6,46	9,73
5	8,45	9,1	14,39	7,21
6	10,64	6,44	19,43	-4,17
7	10,33	7,25	8,77	11,26
8	8,65	6,05	-1,44	-1,14
9	7,12	4,84	-3,56	-3,66

Sumber : Data primer (2025)

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 3, Pertumbuhan miselium *T. brevicompactum* pada media ekstrak ampas tahu menunjukkan pola yang berbeda

antara ekstrak dan media kontrol (PDB). Kenaikan berat miselium pada ekstrak ampas tahu lebih cepat pada hari ke-4, baik pada RGR atau AGR. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan

nutrisi ampas tahu yang lebih beragam, seperti protein, asam amino, karbohidrat, lemak nabati, mineral, dan vitamin, yang mendukung pembentukan hifa serta mempercepat aktivitas metabolik sehingga pertumbuhan masuk ke fase eksponensial lebih awal dibanding kontrol. Penelitian ini sejalan dengan pendapat Nurhayati (2020), yang menyatakan bahwa ampas tahu mengandung serat 19,80%, karbohidrat 57,26%, dan protein 15,80%, sehingga menyediakan sumber karbon dan nitrogen yang dibutuhkan mikroorganisme.

Selanjutnya, pada hari ke-5 sampai dengan hari ke-6 mengalami sedikit penurunan karena pada fase ini persediaan nutrisi di dalam media mulai berkurang, diikuti penumpukan metabolit sekunder yang dapat mengganggu kestabilan miselium, sehingga laju pertumbuhan menurun dan sebagian hifa mengalami pemecahan atau kerusakan.

Pada pengamatan hari ke 6 media kontrol mencapai puncaknya lebih cepat, sedangkan ampas tahu sudah mencapai puncaknya sejak hari ke 4. Meskipun nilai RGR maupun AGR kontrol lebih tinggi, media ekstrak ampas tahu tetap mampu mendukung pertumbuhan *T. brevicompactum*. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kandungan nutrisi dalam ampas tahu mampu mendukung pembentukan dan peningkatan biomassa miselium pada fase awal pertumbuhan.

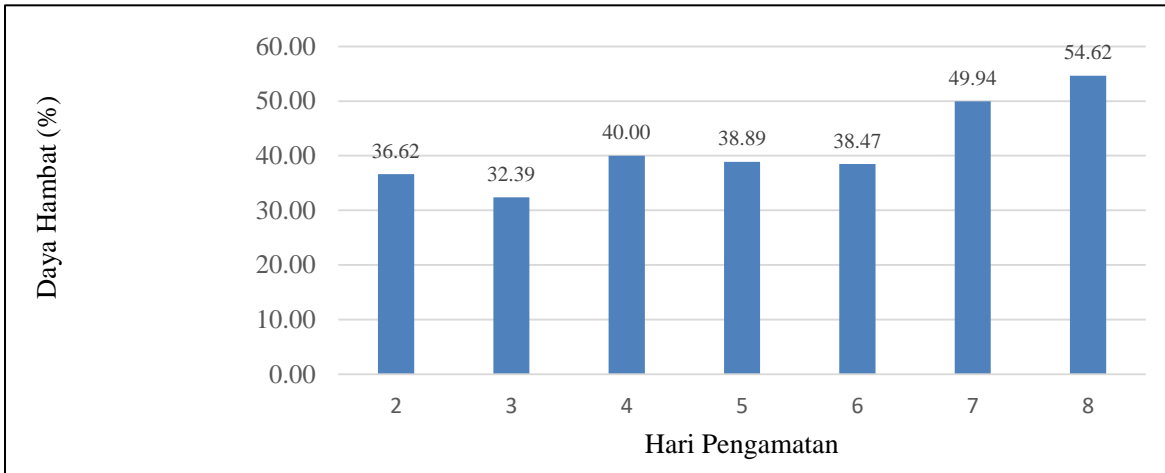
Pengamatan hari ke-8 dan ke-9, nilai RGR dan AGR pada ampas tahu mulai menurun lebih rendah dibandingkan kontrol.

Kondisi ini diduga disebabkan oleh menurunnya kualitas media akibat berkurangnya kandungan nutrisi saat proses fermentasi berlangsung lama. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Alamsjah et al., 2023), yang menunjukkan bahwa fase penurunan atau kematian sebagian miselium dalam media terjadi akibat berkurangnya nutrisi, perubahan pH, dan meningkatnya kompetisi internal yang menghambat aktivitas metabolik. Kondisi ini menunjukkan bahwa media ekstrak ampas tahu tetap mampu mendukung pertumbuhan miselium, namun kestabilan pertumbuhannya masih lebih rendah dibandingkan dengan media kontrol.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Kakar et al., (2023), yang menyatakan bahwa laju pertumbuhan *Trichoderma* sp. sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dan kestabilan pH media. Kandungan nutrisi dalam ekstrak ampas tahu relatif cepat berkurang akibat degradasi atau keterbatasan kelarutan, sehingga berdampak pada melambatnya proses pembentukan biomassa dan sporulasi (Vitale et al., 2025).

Potensi Formula *T. brevicompactum* Dalam Ekstrak Ampas Tahu sebagai Agen Pengendali Hayati

Pada uji efektivitas formula *T. brevicompactum* yang diformulasikan dalam ekstrak ampas tahu sebagai agen pengendali hayati terhadap *Fusarium* sp., dilakukan penilaian untuk mengetahui kemampuan formula tersebut dalam menekan pertumbuhan patogen sehingga dapat menentukan potensi penggunaannya sebagai biofungisida. Hasil persentase daya hambat dari pengujian tersebut disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Daya hambat formula *T. brevicompactum* ekstrak ampas tahu terhadap *Fusarium sp.*

Berdasarkan data yang diperoleh, persentase daya hambat filtrat terhadap pertumbuhan patogen selama periode hasil pengamatan menunjukkan peningkatan pada hari ke-1 hingga hari ke-2, kemudian sedikit menurun pada hari ke-3. Penurunan aktivitas ini diduga berkaitan dengan proses fermentasi yang belum sepenuhnya stabil, sehingga pembentukan metabolit aktif yang berperan dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium sp.* masih berada pada tahap awal dan belum mencapai kondisi optimal.

Memasuki hari ke-4 hingga hari ke-6, daya hambat kembali meningkat dan stabil, menandakan bahwa enzim dan senyawa bioaktif mulai terbentuk secara konsisten. Menurut Nasrul & Chatri (2024), peningkatan daya hambat selama fermentasi dipengaruhi oleh akumulasi senyawa bioaktif hasil metabolisme sekunder yang berfungsi sebagai antifungi alami. Pendapat ini sejalan dengan Kunaepah, (2008) yang menyatakan bahwa lamanya waktu fermentasi memengaruhi aktivitas antibakteri karena mikroba yang terus berkembang menjadi lebih aktif dalam menguraikan substrat.

Pada hari ke-7 dan ke-8, daya hambat meningkat lebih signifikan, menunjukkan produksi metabolit sekunder *T.*

brevicompactum berada pada tingkat maksimum dalam menghambat *Fusarium sp.* Menurut (Ihkwanisa et al., 2023), *Trichoderma sp.* mampu menghasilkan enzim hidrolitik seperti β -1,3-glukanase, kitinase, dan selulase yang mendegradasi struktur sel jamur yang tersusun atas glukukan dan kitin, sehingga memungkinkan *Trichoderma spp.* melakukan penetrasi ke dalam hifa patogen. Meskipun terjadi penurunan pada awal fermentasi, kemampuan antifungal filtrat tetap terjaga dan kembali meningkat seiring optimalnya produksi metabolit sekunder pada fase akhir pengamatan.

Hasil Efektivitas sebagai Pemacu Pertumbuhan

Penelitian ini dilakukan untuk menilai kemampuan formula *T. brevicompactum* dalam meningkatkan pertumbuhan awal benih, yang diukur melalui daya berkecambah dan indeks vigor. Hasil pengamatan daya berkecambah dan indeks vigor disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Presentase Daya Berkecambahan dan Indeks Vigor Benih Cabai

Perlakuan	Pemacu Pertumbuhan	
	Daya Berkecambah	Indeks Vigor
Kontrol	96,67b	96,67b
<i>Fusarium sp.</i>	30a	0,00a
Fungisida dithane M-45 + <i>Fusarium sp.</i>	93,33b	96,67b
Formula ekstrak ampas tahu	83,33b	83,33b
Formula ekstrak + <i>Fusarium sp.</i>	93,33b	93,33b
Keterangan : Nilai BNJ 5%	18,38	18,38

Berdasarkan Tabel 4, perlakuan P1 (*Fusarium sp.*) menunjukkan nilai daya berkecambah dan indeks vigor paling rendah serta berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Rendahnya hasil tersebut disebabkan benih cabai yang direndam langsung terpapar jamur penyebab penyakit tanpa adanya perlindungan, sehingga jamur mudah menempel dan masuk ke permukaan benih. Kondisi ini menyebabkan gangguan pada bagian benih yang berperan dalam proses pertumbuhan, sehingga benih menjadi lemah, sulit berkecambah, bahkan gagal tumbuh. Tidak adanya bahan yang mampu menekan perkembangan jamur membuat pengaruh *Fusarium* semakin kuat dan berdampak pada rendahnya perkecambahan serta vigor benih. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aqil & Andayani, (2016) Paparan patogen *Fusarium sp.* tanpa adanya perlindungan pada benih dapat memicu hambatan pada proses perkecambahan karena *Fusarium sp.* dapat merusak jaringan benih dan menghambat proses perkecambahan secara keseluruhan.

Perlakuan P0, P2, P3, dan P4 tidak menunjukkan perbedaan nyata. Mengindikasikan bahwa seluruhnya mampu menjaga viabilitas benih. P0 (kontrol) menunjukkan pertumbuhan alami benih yang baik. Perlakuan P2 (Fungisida + *Fusarium sp.*) memperlihatkan bahwa fungisida mampu menekan perkembangan *Fusarium sp.* Meskipun fungisida kimia menunjukan tingkat efektivitas yang tinggi,

pemakaiannya perlu dibatasi untuk jangka panjang karena dapat meninggalkan residu dan berpotensi memicu perkembangan resistensi pada patogen (Dhaifulloh et al., 2024).

Perlakuan P3 (Formula *T. brevicompactum* dalam ekstrak ampas tahu) menunjukkan pertumbuhan benih yang baik Mekanisme ini sejalan dengan kemampuan *Trichoderma sp.* dalam menghasilkan enzim litik seperti kitinase dan β -glukanase, serta metabolit anti jamur seperti gliotoksin dan peptaibol yang membantu menekan aktivitas patogen di sekitar akar (Ihkwani et al., 2023). Adapun P4, (Ekstra ampas tahu + *Fusarium sp.*) menunjukkan pertumbuhan benih yang baik, menunjukan efektivitas agen hayati dalam mengurangi dampak infeksi, sesuai laporan bahwa ekstrak nabati memiliki potensi anti fungi dan dapat meningkatkan toleransi benih terhadap cekaman biotik (Yuliani et al., 2025).

KESIMPULAN

Ekstrak ampas tahu berpotensi sebagai media tumbuh *T. brevicompactum* karena mampu mendukung pertumbuhan dan pembentukan spora setara PDB. Formula berbasis ekstrak ampas tahu efektif menghambat *Fusarium sp.* secara in vitro dan meningkatkan perkecambahan benih cabai, baik pada kondisi normal maupun terinfeksi, dengan hasil sebanding dengan fungisida sintesis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdila, A. Nur, & Maduratna, M. (2021). Uji Efektivitas Fungisida Nabati (Kombinasi Tepung Jagung Dan Ekstrak Daun Sirsak) Dalam Mengendalikan Penyakit Layu

- Fusarium (Fusarium Oxysporum)* Pada Tanaman Cabai. *Holistic Science*, 1(1), 17–20. <https://doi.org/10.56495/hs.v1i1.17>
- Alamsjah, F., Noli, Z. A., Marcellinna, H. D., & Agustien, A. (2023). Jurnal Biologi Tropis *Antagonist Test of Bacillus subtilis* ATTC 6633 and *Trichoderma harzianum* on the Growth of *Magnaphorte oryzae* on Several Varieties of Priming Rice Seeds. *Biologi Tropis*, 1(23), 371–379.
- Alfia, A. D., & Haryadi, N. T. (2022). Pengujian Konsentrasi Biofungisida Cair Berbahan Aktif *Trichoderma sp.* Dalam Pengendalian Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum sp.*) Pada Cabai Di Lapang. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 5(2), 58–64. <https://doi.org/10.19184/bip.v5i2.28858>
- Aqil, S. M., & Andayani, N. (2016). Strategi Pengendalian Cendawan *Fusarium sp* dan Kontaminasi Mikotoksin pada Jagung. *Iptek Tanaman Pangan*, 11(1).
- Arida, D., Sriwati, R., & Chamzurni, T. (2019). Aplikasi Formulasi Cair *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma virens* sebagai Agen Pengendali Hayati (APH) Penyakit Hawar Daun (*Phytophthora palmivora*) pada Bibit Kakao. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 4(2), 91–100. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v4i2.10980>
- BPS Provinsi Gorontalo, 2023. (2023). Provinsi Gorontalo Dalam Angka 2023. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1).
- Bria, E. I. P., Ola, A. R. B., & Cunha, T. Da. (2019). Analisis Kandungan Metabolit Sekunder dan Uji aktivitas Antibakteri Jamur Endofit Batang Binahong (*Anredera Cordifolia Steenis*) *Elisabeth*. 1(2), 1–11.
- Dewi, P. S., Rini, I., Ari, D., & Meidiana, C. (2023). Proses Produksi Tahu Di Desa Kalisari Kecamatan Cilongok Kabupaten Banyumas. *Planning for Urban Region and Environment*, 12(1), 57–64. <https://purejournal.ub.ac.id/index.php/pure/article/view/462>
- Dhaifulloh, A. D., Khayumi, B. I., Legawa, D. T., Ansya, M. K. A., & Radianto, D. O. (2024). Dampak Penggunaan Pestisida Kimia Terhadap Kualitas Tanah dan Air Sungai di Daerah Pertanian. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 197–208. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.280>
- Duriat, A. S., Gunaeni, N., & Wulandari, A. W. (2007). *Penyakit Penting Tanaman Cabai dan Pengendaliannya*.
- Fadlillah, L. N., Despita, R., & Rahmi, A. (2023). Perbanyak *Trichoderma Sp.* Dengan Menggunakan Berbagai Media Cair. *Jurnal Polbangtan Malang*, 242.
- Herlina, N., Mulyati, Yulianita, & Ananda, P. (2020). Efektivitas Hipoglikemik Fraksi Etil Asetat Ampas Tahu menggunakan Model Hewan Ikan Zebra (*Danio rerio*). *Jamu Indonesia*, 5(1), 16–21.
- Ihkwanisa, N., Nugraheni, I. A., Kurniawati, T., & Fardhani, D. M. (2023). Uji *antagonis Trichoderma spp* terhadap layu *Fusarium* tanaman cabai (*Capsicum annum*). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat LPPM Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, 1, 244–252.
- Kakar, H. A., Ullah, S., Shah, W., Ali, B., Satti, S. Z., Ullah, R., Muhammad, Z., Eldin, S. M., Ali, I., Alwahibi, M. S., Elshikh, M. S., & Ercisli, S. (2023). *Seed Priming Modulates Physiological and Agronomic Attributes of Maize (Zea mays L .) under Induced Polyethylene Glycol Osmotic Stress*. 2–21. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c01715>
- Karmila, Y., Yatno, Suparjo, & Murni, R. (2020). Karakteristik Sifat Kimia Dan Mikrobiologi Silase Ampas Tahu

- Menggunakan Tapioka Sebagai Akselerator. *STOCK Peternakan*, 2(1), 1–9.
<https://doi.org/10.36355/sptr.v2i1.367>
- Kitessa, D. A. (2024). *Review on effect of fermentation on physicochemical properties , anti- nutritional factors and sensory properties of cereal-based fermented foods and beverages. Annals of Microbiology.*
- Kunaepah, U. (2008). Pengaruh Lama Fermentasi Dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktifitas Antibakteri , Polifenol Total Dan Mutu Kimia Kefiri Susu Kacang Merah. 1–118.
- Masyhura, Rangkuti, K., & Fuadi, M. (2019). Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu Dalam Upaya Difersifikasi Pangan. *Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 2(2), 52–54.
- Mbiyu, M., Muthoni, J., Kabira, J., Muchira, C., Pwaiswai, P., Ngaruiya, J., Onditi, J., & Otieno, S. (2012). *Comparing Liquid and Solid Media on the Growth of Plantlets from Three Kenyan Potato Cultivars. American Journal of Experimental Agriculture*, 2(1), 81–89.
<https://doi.org/10.9734/ajea/2012/715>
- Muhibuddin, A., Salsabila, S., & Sektiono, W. A. (2021). Kemampuan *Antagonis Tricoderma Harzianum* Terhadap Beberapa Jamur Patogen Penyakit Tanaman. *Agrosaintifika*, 4(1), 225–233.
<https://doi.org/10.32764/agrosaintifika.v4i1.2371>
- Nasrul, P. I., & Chatri, M. (2024). Peranan Metabolit Sekunder sebagai Antifungi. *Pendidikan Tambusai*, 8(1), 15832–15844.
- Nisa, C. (2018). Pengujian formulasi *Trichoderma* sp. terhadap pencegahan patogen *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu pada cabai rawit (*Capsicum frutescens*) secara *in vivo*. *Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*, 6(1), 1–7.
- Nurhayati, B. N. (2020). Kandungan nutrisi ampas tahu yang difermentasi dengan *Trichoderma viride*, *Saccaromyces cerevisiae* dan kombinasinya. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 23(12), 104–113.
- Nurjannah, N. (2020). Pengaruh Pemberian *Trichoderma* Dosis Yang Berbeda Terhadap Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium* Pada Tanaman Cabai Keriting (*Capsicum annum* L.) Varietas TM 99. *Jurnal Life Science*, 2(2), 47–56.
<https://doi.org/10.31980/jls.v2i2.1645>
- Rahmi, M., Sartika, D., & Putri, M. F. (2023). Jurnal Katalisator. *Jurnal Kesehatan*, 8(2), 396–411.
- Safitri, S., Agroteknologi, P. S., Pertanian, F., Peternakan, D. A. N., Islam, U., Sultan, N., & Kasim, S. (2022). Efektifitas Beberapa Isolat *Trichoderma* Dalam Menekan Pertumbuhan *Athelia* sp. penyebab Penyakit Busuk Batang Pada Padi Secara *In Vitro*. *Skripsi*, 1–49.
- Sandiase, I. K., Widiyanti, N. L. P. M., & Warpala, I. W. S. (2023). Variasi Konsentrasi Plant Growth Promoting *Rhizobacteria* (PGPR) Rendaman Akar Bambu Menghambat Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* Secara *In Vitro*. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 8(2), 120–130.
<https://doi.org/10.24002/biota.v8i2.6075>
- Utami, P. W., Syam, N., & HS, S. (2023). Perbanyakkan Jamur *Trichoderma* sp. pada beberapa Jenis Media Tumbuh dengan Metode Terbuka dan Tertutup. *AgrotekMAS*, 4(1), 111–118.
- Vitale, S., Salzano, F., Staropoli, A., Marra, R., Turrà, D., Lorito, M., & Vinale, F. (2025). *Nitrogen source orchestrates pH modulation and secondary metabolism in Trichoderma harzianum. Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 12(1), 1–15.
<https://doi.org/10.1186/s40538-025-00735-9>
- Yuliani, R. A., Marsuni, Y., & Budi, I. S. (2025).

Uji macam isolat *Trichoderma* sp. Terhadap Penyakit Layu *Fusarium* Pada Tanaman Cabai Besar. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, 8(2), 1158–1166. <https://doi.org/10.20527/jptt.v8i2.3228>

Yupendi, A., Outri Diana, S., Sari, W., & Taufiqqurahman. (2024). Pengaruh pemberian biofungisida (*Gliocadium* sp) pada tanaman cabai merah keriting (*Capsicum annum* L.). 11(2), 726–734.