



UJI KERAGAAN *TRICHODERMA* SEBAGAI PUPUK HAYATI DALAM MENINGKATKAN PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN BAWANG MERAH

PERFORMANCE TEST OF TRICHODERMA AS A BIOFERTILIZER IN INCREASING GROWTH AND PRODUCTION OF SHALLOTS

Sutarman* dan Tyas Prahasti

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Sidoarjo, Indonesia

*Email: sutarmans234@gmail.com

* Corresponding Author, Diterima: 8 Mar. 2022, Direvisi: 22 Apr. 2022, Disetujui: 13 Jul. 2022

ABSTRACT

This study aimed to prove the effect of Trichoderma isolate Tc-Pct-05 formulated in a mixture of cassava husk-husk flour as a biological fertilizer to increase the growth and production of shallot plants. This research was carried out on the agricultural land of Sumberan Hamlet, Sajen Village, Pacet District, Mojokerto Regency, December 2021-March 2022, which was supported by biofertilization biological agent formulation activities at the Microbiology Laboratory of the Muhammadiyah University of Sidoarjo. The experiment was arranged in a completely randomized design with four treatments, namely soil treatment, apical treatment, soil-apical treatment, and control with five replications so that in total there were 20 experimental units. The variables observed included plant height, tuber weight, leave number, and stover weight. All data were analyzed using Analysis of Variety (ANOVA) followed by Duncan's test at the 5% test level to determine differences between treatments. The results showed that Trichoderma biofertilizer which was applied as soil treatment with a dose of 250 grams per plant was able to increase plant height, number of leaves, wet weight and dry weight of plant stoves, as well as increase the wet weight of shallot bulbs by 145% compared to conventional treatment using chemical fertilizers completely.

Keywords: Biofertilizer, shallot, Trichoderma

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan pengaruh *Trichoderma* isolate Tc-Pct-05 yang diformulasi dalam campuran tepung sekam-kulit singkong sebagai pupuk hayati meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah. Penelitian ini dilaksanakan di lahan pertanian Dusun Sumberan Desa Sajen Kecamatan Pacet Kabupaten Mojokerto pada Desember 2021-Maret 2022. Kegiatan formulasi agen hayati biofertilisasi dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Percobaan disusun dalam Rancangan Acak Lengkap dengan empat perlakuan cara aplikasi yaitu *soil treatment*, *apical treatment*, *soil-apical treatment*, dan control, masing-masing dengan lima ulangan, sehingga secara keseluruhan terdapat 20 satuan percobaan. Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, bobot umbi, jumlah daun, dan berat brangkasan. Semua data dianalisis dengan menggunakan Analisis Ragam (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf uji 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk hayati *Trichoderma* yang diaplikasikan sebagai *soil treatment* dengan dosis per tanaman 250 gram mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah dan bobot kering brangkasan tanaman, serta meningkatkan bobot basah umbi bawang merah 145% dibandingkan perlakuan secara konvensional menggunakan pupuk kimia sepenuhnya.

Kata kunci: Bawang merah, biofertilizer, *Trichoderma*

1. PENDAHULUAN

Bawang merah adalah salah satu komoditas strategis di Indonesia dan menjadi salah satu komoditas penting di hampir seluruh negara di dunia mengingat manfaatnya sebagai sayuran yang kaya berbagai vitamin, dan sekaligus memiliki manfaat di bidang medis (Ajjappalavara, 2015). Namun dalam budidaya tanaman ini sering dihambat oleh gangguan hama dan penyakit serta cekaman lingkungan yang di antaranya berupa kesuburan tanah yang rendah serta kemasaman tanah (Baliyan, 2014). Kendala ini juga terjadi pada sentra pertanaman bawang merah di Indonesia.

Upaya untuk meningkatkan produksi dan mengatasi hambatan dalam produksi tanaman saat ini lebih banyak memanfaatkan pestisida dan pupuk kimia sintetis. Namun demikian penggunaan bahan kimia sintetis ini belum mampu mengoptimalkan kapasitas genetik tanaman dalam produksinya di lapang. Sementara itu di lain pihak saat ini tuntutan penggunaan bahan yang ramah lingkungan dalam budidaya menjadi suatu keniscayaan yang tidak bisa dihindari.

Setiap negara di dunia berkomitmen untuk memenuhi Kesepakatan Paris 2015 (Zhou *et al.*, 2021) dalam mewujudkan emisi nol karbon-dioksida dan tidak menggunakan bahan fosil pada berbagai produksi termasuk usaha budidaya pertanian. Dengan demikian fokus segenap pemangku kepentingan di bidang pertanian saat ini berupaya mencari alternatif aplikasi pestisida dan pupuk kimia sintetis toksik di samping berupaya mewujudkan dan mempertahankan ketahanan pangan lokal, regional, dan nasional. Salah satu cara untuk mempertahankan ketahanan pangan adalah penggunaan pupuk hayati (biofertilizer) yang diharapkan dapat mensubstitusi penggunaan pupuk kimia sekaligus meningkatkan kesehatan dan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan baik biotik maupun abiotik (Sutarman *et al.*, 2021).

Berbagai fakta menunjukkan bahwa penggunaan bahan kimia sintetis pada lahan pertanian mengakibatkan gangguan dan penekanan terhadap organisme non-target (Pagani *et al.*, 2014; Alberto *et al.*, 2016), resistensi organisme pengganggu (Chechi *et al.*, 2019), perubahan kimiawi dan fisik tanah serta biologi tanah khususnya menurunkan produktivitas tanah (Itelima *et al.*, 2018), merusak stabilitas agroekosistem (Van Bruggen *et al.*, 2018) dan menimbulkan pencemaran lingkungan (You *et al.*, 2016), serta mengancam kesehatan manusia (Jallow *et al.*, 2017).

Dengan demikian pencarian alternatif bahan yang ramah lingkungan bagi pemenuhan kebutuhan dalam budidaya pertanian merupakan upaya yang harus diperjuangkan secara serius.

Kecukupan nutrisi merupakan faktor penting dalam menjamin pertumbuhan tanaman yang optimal. Di lain pihak penggunaan pupuk kimia pada lahan pertanian yang massif akan mendegradasi kesuburan tanah baik secara biologi, kimia, dan fisik khususnya pada lapisan olah tanah (Adiaha, 2017; Tufaila *et al.*, 2014). Sementara itu kesuburan tanah sesungguhnya dapat dipulihkan melalui pemanfaatan pupuk hayati dengan bahan aktif di antaranya adalah fungi potensial yang memiliki kemampuan biofertilisasi yang baik dan berkontribusi dalam peningkatan unsur hara tanah sebagai hasil kinerjanya dalam mendekomposisi bahan organik.

Pemanfaatan agen hayati untuk menyediakan *biofertilizer* yang lebih bermanfaat bagi tanaman merupakan alternatif paling layak dalam upaya memulihkan kesehatan dan daya dulung lahan pertanian sekaligus meningkatkan ketersediaan nutrisi di dalam tanah lahan pertanian (Tripolskaja *et al.*, 2017). Salah satu agen hayati yang sudah diketahui berpotensi membantu pertumbuhan tanaman bawang merah adalah jamur *Trichoderma* (Sutarman *et al.*, 2018).

Trichoderma adalah salah satu genus fungi yang memberikan prospek besar bagi implementasi pertanian ramah lingkungan terutama efek aktivitasnya sebagai penyedia nutrisi bagi tanaman dan agensia yang mendukung pertumbuhan tanaman. *Trichoderma* adalah fungi yang bisa digunakan sebagai pengendali hayati di samping memiliki kemampuan sebagai agensia biofertilisasi bagi tanaman (Wachid & Sutarman, 2019). Fungi ini di samping menghasilkan senyawa antimetabolit yang dapat menghambat patogen sekaligus mampu mendegradasi bahan organik yang menghasilkan nutrisi bagi tanaman (Li *et al.*, 2019; Sutarman, 2019). Dengan demikian pemanfaatannya sebagai agen hayati *biofertilizer* dapat meningkatkan efisiensi budidaya tanaman sekaligus mengurangi penggunaan pupuk dan pestisida kimia sintetis yang tidak ramah lingkungan.

Pencarian dan pengujian pemanfaatan mikroba potensial agen hayati *biofertilizer* dalam satu dekade ini paralel dengan penentuan bahan pembawa (*carrier agent*) dan bahan pengisi (*inert agent*) dalam formulasi yang biasanya merupakan bahan organik limbah pertanian. Bahan organik yang terkandung dalam limbah pertanian menyediakan substrat bagi pemenuhan kebutuhan sumber energi bagi fungi saprofitik termasuk berbagai fungi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan efek pupuk hayati *Trichoderma* sebagai pengganti pupuk kimia dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di lahan pertanian Dusun Sumberan Desa Sajen Kecamatan Pacet Kabupaten Mojokerto Desember 2021-Maret 2022. Dukungan terhadap percobaan lapang dilakukan dalam bentuk kegiatan pengkayaan agensia hayati dan formulasi pupuk hayati di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi, Prodi Agroteknologi, Fakultas Sains dan teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA)

Isolat *Trichoderma* sp. Tc-Pct-05 yang diisolasi dari lahan sentra bawang merah di Pacet ini merupakan kandidat agensia *biofertilizer* koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Umsida.

Isolat Tc-Pct_05 diperkaya dalam media media PDA-*chloramphenicol*. Setelah melewati masa inkubasi selama 10 hari, biakan dipanen dan dibuat sebagai suspensi yang sebelumnya dihancurkan terlebih dahulu dengan menggunakan blander. Selanjutnya suspensi yang mengandung propagul *Trichoderma* yang berasal dari satu cawan petri tersebut diencerkan dalam Erlenmeyer kapasitas 1000 ml.

Sementara itu disiapkan bahan pembawa (*carrier agent*) dan bahan pengisi (*inert agent*) yang merupakan campuran tepung sekam dan tepung kulit singkong (± 10 mesh) dengan perbandingan 1:1 (v/v) dan kadar air 8% (hasil pengembangan Lab Mikrobiologi dan Bioteknologi Umsida). Sebanyak lima kg bahan ini dicampur dengan satu liter suspensi propagule isolate Tc-Pct-05. Agar pencampuran merata, bahan diaduk dan disemprotkan air destilat sehingga tampak campuran basah hampir menetes cairannya. Selanjutnya campuran dituang ke dalam baki dan ditutup kertas tisu steril dan diinkubasi selama tujuh hari. Selanjutnya campuran dikatakan sebagai pupuk hayati (*biofertilizer*) yang siap diaplikasi.

Untuk mengetahui populasi spora *Trichoderma* yang aktif, maka dilakukan serangkaian pengujian kepadatan populasi spora dengan Metode Pengenceran. Kepadatan populasi spora harus ditetapkan rata-rata 10^5 CFU.gr⁻¹ sebagai formula *bioferti-lizer* yang siap aplikasi. Apabila kepadatan di atas angka tersebut, maka dilakukan pengenceran dengan penambahan tepung sekam-kulit singkong steril.

Lahan uji dipersiapkan dengan membuat bedengan yang masing-masing berukuran 600 cm x 70 cm dengan ketinggian tiap bedengan 60 cm. Pembuatan bedengan untuk mengantisipasi adanya limpasan air pada saat hujan deras sehingga tanaman aman dari perendaman air hujan. Namun demikian penanaman dilakukan pada polybag kapasitas 10 kg yang di tempatkan di atas bedengan. Jarak antar polybag merupakan jarak tanam yang biasa diaplikasikan di seluruh lahan di sentra produksi bawang merah ini, yaitu 15 cm x 15 cm.

Pemberian *biofertilizer* sebagai *soil treatment* dilakukan seperti halnya pemberian pupuk pada umumnya yaitu dengan menempatkan pupuk hayati di sekitar lubang tanam di dalam polybag dengan dosis 200 gr/polybag atau disekitar perakaran tanaman bawang merah berumur satu bulan sebagai *soil treatment*.

Sementara itu 200 gram *biofertilizer* direndam dalam air sebanyak 2.000 ml selama 120 menit, kemudian disaring dan siap digunakan sebagai *apical treatment* yang disemprotkan ke seluruh permukaan tajuk hingga basah merata pada lima satuan percobaan. Pada perlakuan *apical treatment* dilakukan penyemprotan sebanyak lima kali mulai pada 15 hari setelah tanam (HST) dengan interval 10 hari. Dengan demikian tiap waktu penyemprotan, suspensi diperoleh dari penyaringan hasil perendaman 200 gr *biofertilizer*. Pada percobaan ini digunakan kontrol yang merupakan perlakuan hanya menggunakan pupuk kimia sintetis meliputi: urea, TSP, dan KCl masing-masing 47 kg/ha, 311 kg/ha, dan 56 kg/ha.

Percobaan disusun dalam Rancangan Acak kelompok dengan perlakuan terdiri atas: (i) *soil treatment*, (ii) *apical treatment*, (iii) *soil treatment* dan *apical treatment*, dan (iv) kontrol atau tanpa menggunakan *biofertilizer* tetapi menggunakan pupuk kimia sintetis.

Variabel yang diamati adalah tinggi tanaman pada umur 30 dan 60 Hari Setelah Tanam (HST), jumlah daun pada saat pertumbuhan vegetatif maksimum atau pada saat rata-rata jumlah daun tanaman maksimum (60 HST), bobot basah dan bobot kering brangkas serta bobot panen per tanaman (g) pada akhir pengamatan.

Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan ANOVA pada taraf uji 5%. Pengujian dilanjutkan dengan menggunakan Uji Duncan pada taraf uji 5% untuk mengetahui perbedaan antar-perlakuan..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pertumbuhan

Hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh aplikasi *biofertilizer* *Trichoderma* nyata ($p < 0.05$) terhadap tinggi tanaman bawang merah pada 30 dan 60 HST. Rerata pengaruh perlakuan diperlihatkan pada Tabel 1. Aplikasi *soil treatment* menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman terbesar baik pada 30 maupun 60 HST yang menunjukkan peningkatan 38% dan 19.73% dibandingkan dengan kontrol yang menggunakan pupuk kimia.

Aplikasi *biofertilizer* *Trichoderma* juga berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap jumlah daun tanaman bawang merah pada saat berumur 60 HST. Rerata pengaruh perlakuan diperlihatkan pada Tabel 2. Aplikasi *soil treatment* menghasilkan jumlah daun tanaman terbanyak yang menunjukkan peningkatan sebesar 37,38% dibandingkan dengan kontrol.

Aplikasi *biofertilizer* *Trichoderma* berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap bobot basah brangkas dan bobot kering brangkas tanaman bawang merah pada saat pengamatan hasil panen bawang merah. Rerata pengaruh perlakuan diperlihatkan pada Tabel 3. Aplikasi *apical treatment* menghasilkan bobot brangkas kering bawang merah menunjukkan penurunan dibandingkan dengan kontrol sebesar 10.57% sedangkan pada bobot brangkas basah menunjukkan peningkatan sebesar 37,44 % dibandingkan dengan kontrol.

Aplikasi *Trichoderma* secara *soil treatment* dan *apical treatment* serta gabungan keduanya memperlihatkan respons tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol sebagai perlakuan konvensional yang menggunakan pupuk kimia sintetis pada seluruh variabel pertumbuhan tanaman (Tabel 1-3). Hal ini menunjukkan bahwa *Trichoderma* berperan lebih besar dalam

menyumbangkan nutrisi bagi tanaman termasuk menyediakan kecukupan N dan P dalam tanah bagi tanaman (Kumawat, 2017).

Pada percobaan ini *Trichoderma* terbukti efektif membantu pertumbuhan tanaman. Fungi ini memiliki berbagai enzim seperti β -1,3-glukanase, selulase, dan peroksidase (Buysens *et al.*, 2016; Hu *et al.*, 2016) yang berperan dalam mendegradasi bahan organik komponen media tanam. Dalam percobaan limbah kulit singkong dan tepung sekam sebagai *carring agent* dan *inert agent* menyediakan bahan organik yang didekomposisi oleh fungi *Trichoderma*; hasil perombakannya berupa nutrisi yang akan dimanfaatkan bagi pertumbuhan dan produksi tanaman (Pelagio-Flores *et al.*, 2017). Hasil serupa juga ditunjukkan oleh kinerja *T. harzianum* dalam meningkatkan hasil panen tanaman kanola (Ali *et al.*, 2015) dan bobot segar mentimun (Saravanakumar *et al.*, 2016).

3.2 Produksi

Analisis ragam menunjukkan aplikasi *biofertilizer* *Trichoderma* berpengaruh sangat nyata ($p < 0.01$) terhadap bobot umbi basah tanaman bawang merah pada saat panen. Rerata pengaruh perlakuan diperlihatkan pada Tabel 4. Aplikasi *soil treatment* menghasilkan bobot umbi terbesar yang

Tabel 2. Pengaruh Aplikasi *Biofertilizer Trichoderma* terhadap Jumlah Daun Tanaman Bawang Merah 60 HST

Perlakuan	Jumlah daun	Δ (%)
Soil treatment	14.70 $\pm$ 0.65 a	37,38
Apical treatment	13.65 $\pm$ 0.56 a	27,57
Sosil-apical treatment	13.05 $\pm$ 0.59 a	21,96
Kontrol	10.70 $\pm$ 0.46 b	-

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh yang berbeda berdasarkan uji Duncan 5%; Δ adalah rata-rata peningkatan terhadap kontrol (perlakuan kimia).

Tabel 1. Pengaruh Aplikasi *Biofertilizer Trichoderma* terhadap Tinggi Tanaman Bawang Merah (cm) 30 dan 60 HST

Perlakuan	Tinggi 30 HST	Δ (%)	Perlakuan	Tinggi 60 HST	Δ (%)
Soil treatment	20.31 $\pm$ 0.45 a	38,08	Soil treatment	36.60 $\pm$ 0.48 a	19,73
Apical treatment	19.64 $\pm$ 0.41 a	33,53	Apical treatment	35.24 $\pm$ 0.41 a	15,28
Sosil-apical treatment	19.00 $\pm$ 0.25 a	29,21	Sosil-apical treatment	34.07 $\pm$ 0.42 a	11,47
Kontrol	14.71 $\pm$ 0.42 b	-	Kontrol	30.57 $\pm$ 0.46 b	-

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh yang berbeda berdasarkan uji Duncan 5%; Δ adalah rata-rata peningkatan terhadap kontrol (perlakuan kimia).

Tabel 3. Pengaruh Aplikasi *Biofertilizer Trichoderma* terhadap Bobot Basah dan Bobot Kering Brangkas Tanaman Bawang Merah (g)

Perlakuan	Bobot basah brangkas	Δ (%)	Perlakuan	Bobot kering brangkas	Δ (%)
Soil treatment	37.35 $\pm$ 0.24 c	14,40	Soil treatment	4.50 $\pm$ 0.25 b	32,02
Apical treatment	29.20 $\pm$ 0.39 a	-10,57	Apical treatment	4.68 $\pm$ 0.32 b	37,44
Sosil-apical treatment	46.60 $\pm$ 0.48 d	42,73	Sosil-apical treatment	4.28 $\pm$ 0.28 b	25,77
Kontrol	32.65 $\pm$ 0.70 b	-	Kontrol	3.41 $\pm$ 0.13 a	-

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh yang berbeda berdasarkan uji Duncan 5%; Δ adalah rata-rata peningkatan terhadap kontrol (perlakuan kimia).

Tabel 4. Pengaruh Aplikasi *Biofertilizer Trichoderma* terhadap Bobot Umbi per Tanaman Bawang Merah (g)

Perlakuan	30 HST	Δ (%)
Soil treatment	91.50 $\pm$ 2.40 a	144,98
Apical treatment	74.35 $\pm$ 1.48 b	99,06
Sosil-apical treatment	46.60 $\pm$ 0.48 c	24,77
Kontrol	37.35 $\pm$ 0.24 d	-

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh yang berbeda berdasarkan uji Duncan 5%; Δ adalah rata-rata peningkatan terhadap kontrol (perlakuan kimia).

menunjukkan peningkatan sebesar 144,98% dibandingkan dengan perlakuan standard (kontrol) yang selalu mengandalkan penggunaan pupuk kimia.

Pemberian pupuk hayati nyata meningkatkan bobot umbi basah per tanaman (Tabel 4). Pemberian 250 gram *biofertilizer Trichoderma* dengan perlakuan *soil treatment* menghasilkan bobot umbi basah per tanaman paling tinggi yang beda nyata dibandingkan dengan kontrol. Hasil percobaan ini mengungkap bahwa pemberian pupuk hayati dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Pada percobaan berbeda, kompleks mikroba efektif yang terformulasi dengan rasio tinggi dalam bahan nabati dan media tanam terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat dan sama sekali tidak berdampak negatif bagi kesehatan tanaman (Fikrinda *et al.*, 2020).

Bobot panen pada penelitian ini jauh melampaui hasil pengujian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Sudarmini *et al.* (2018) menunjukkan peran *Trichoderma* yang diberikan sebagai *soil treatment* meningkatkan pertumbuhan, bobot umbi dan jumlah umbi bawang merah. Produksi yang dihasilkan tanaman bawang merah pada percobaan ini selain dari respons tanaman terhadap keragaan *Trichoderma* diduga juga didukung oleh kualitas

bahan pembawa dan bahan pengisi formula pupuk hayati ini yaitu tepung sekam dan tepung kulit singkong sebagai bahan organik sumber karbon fungi agen hayati. Bahan organik ini juga berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah yang optimal bagi penunjang pertumbuhan tanaman, di samping memberikan jaminan kecukupan nutrisi bagi agensia pupuk hayati *Trichoderma* (Shrestha *et al.*, 2019). Karakteristik fungi ini mampu secara efisien memanfaatkan sumberdaya di lingkungan hidupnya termasuk bahan organik dari formulasi pupuk hayati bagi kebutuhan hidupnya (Moon *et al.*, 2017; Oyeleye & Normi, 2018) dan hasil degradasi bahan organik berupa nutrisi dan metabolit lainnya berdampak positif bagi dukungan pertumbuhan tanaman (Miftahurrohmat & Sutarmanto, 2020).

Aplikasi *Trichoderma* dalam bentuk *apical treatment* dan *soil treatment* secara bersamaan ternyata memberikan respons pertumbuhan tinggi dan jumlah daun (Tabel 1 dan 2) serta bobot kering brangkas yang di bawah perlakuan tunggal *soil treatment* dan *apical treatment*. Fakta ini menunjukkan adanya kontradiksi antara dukungan pertumbuhan yang didorong oleh peran fungi ini dari bagian rhizosfer dan dengan perannya dari permukaan tajuk. *Trichoderma* sesungguhnya menghasilkan senyawa pengatur pertumbuhan (Buysens *et al.*, 2016; Vinale *et al.*, 2014); aplikasinya pada daun akan mempercepat masuknya senyawa ke dalam sel yang mendorong pertumbuhan vegetatif tanaman (Shang *et al.*, 2020). Mekansime yang sama terjadi pada percobaan aplikasi zat pengatur tumbuh pada kecambah bawang merah, di mana giberelin didifusikan melalui membran sel mendorong aktivitas berbagai enzim yang mendorong pertumbuhan tanaman (Setiawan *et al.*, 2021).

Sementara itu tanaman juga merespons sumbangan bahan yang diberikan fungi melalui aliran nutrisi melalui pertukaran antara perakaran dan kompleks pertukaran di dalam tanah.

Aplikasi agen hayati yang terformulasi sebagai pupuk hayati secara *apical treatment* dan *soil treatment* secara bersamaan memberikan efek pertumbuhan yang optimal pada awal fase vegetatif (Tabel 1 dan 2), namun pada menjelang akhir fase vegetatif aplikasi keduanya secara bersamaan tampak kurang menguntungkan bagi tanaman yang ditunjukkan oleh bobot kering brangkasan (Tabel 3) dan bobot umbi (Tabel 4). Aplikasi tunggal melalui akar sebagai *soil treatment* memberikan respons pertumbuhan dan produksi tanaman yang tinggi. *Trichoderma* memberikan sumbangan yang optimal sebagai agen hayati melalui pola hubungan interaksi antara tanaman dan *Trichoderma* di rhizosfer (Singh *et al.*, 2018).

4. KESIMPULAN

Fungi Trichoderma sp. Tc-Pct-05 merupakan agen hayati *biofertilizer* yang efektif karena memiliki kemampuan degradasi bahan organik yang baik dan adaptif dalam formulasi padat dengan bahan pembawa dan bahan pengisi tepung sekam-kulit singkong. *Biofertilizer Trichoderma* mampu meningkatkan pertumbuhan, biomassa, dan produksi tanaman bawang merah. Aplikasi *biofertilizer* secara *soil treatment* mampu meningkatkan produksi umbi bawang merah hingga 145% dibandingkan perlakuan pupuk kimia sintetis.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang merupakan implementasi Program Riset Merdeka Belajar Kampus Merdeka yang menjadi bagian dari pelaksanaan Kontrak Program Riset Keilmuan Tahun 2021 No. 178/E4.1AK.04/RA/2021. Untuk itu disampaikan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Riset dan Teknologi – Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Riset dan Teknologi RI atas dukungan pendanaan melalui program hibah dimaksud.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adiaha, M. S. 2017. The Role of Organic Matter in Tropical Soil Productivity. *World Scientific News* 86 (1): 1–66.
- Ajjappalavara, S. M. 2015. Varietal Evaluation of Some Important Nutritional Constituents in Onion (*Alium cepa* L.) Genotypes. *The Asian Journal of Horticulture*. 10: 5–8.
- Alberto, C., T. Gava & J. M. Pinto. 2016. Biocontrol of Melon Wilt Caused by *Fusarium oxysporum* schlect f.sp. Melonis Using Seed Treatment With *Trichoderma* spp. and Liquid Compost *Biological Control*.
- Ali, H. Z., R. S. Mohammedand & H. M. Aboud. 2015. Efficiency of Organic Matter Levels and Bio Fungus *Trichoderma harzianum* on Cucumber Plant. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science Ver. I*. 8 (6): 2319–72.
- Baliyan, S. 2014. Evaluation of Onion Varieties for Productivity Performance in Botswana. *World Journal of Agricultural Research* 2: 129–35.
- Buysens, C., V. César, F. Ferrais, H. D. de Boulois & S. Declerck. 2016. Inoculation of *Medicago sativa* Cover Crop with *Rhizophagus irregularis* and *Trichoderma harzianum* Increases the Yield of Subsequently-Grown Potato Under Low Nutrient Conditions. *Appl. Soil Ecol.* 105: 137–143.
- Chechi, A., J. Stahlecker, M. E. Dowling & G. Schnabel. 2019. Diversity in Species Composition and Fungicide Resistance Profiles in *Colletotrichum* Isolates from Apples. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 158: 18–24.
- Fikrinda, W., E. Indawan, R. M. N. Ga & I M. I. Agastya. 2020. Pengaruh Komposisi Media Tanam dan Dosis Biopestisida Nabati Terhadap Produksi Tomat. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 20 (3): 204–212.
- Hu, X., D. P. Roberts, L. Xie, C. Yu, Y. Li, L. Qin & X. Liao. 2016. Use of Formulated *Trichoderma* sp. Tri-1 in Combination With Reduced Rates of Chemical Pesticide for Control of *Sclerotinia sclerotiorum* on Oilseed Rape. *Crop Prot.* 79: 124–127.
- Itelima, J.U., W. J. Bang, M. D. Sila, I. A. Onyimba & O. J. Egbere. 2018. A Review: Biofertilizer; A Key Player in Enhancing Soil Fertility and Crop Productivity. *J Microbiol.* 2 (1): 74–83.
- Jallow, M. F. A., D. G. Awadh, M. S. Albaho, V. Y. Devi & B. M. Thomas. 2017. Pesticide Knowledge and Safety Practices Among Farm Workers in Kuwait: Results of A Survey. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 14 (340): 1–15
- Kumawat, N. 2017. Role of Biofertilizers in Agriculture. *Popular Kheti*. 5 (4) : 63–66.
- Li, M., G. Ma, H. Lian, X. Su, Y. Tian, W. Huang, J. Mei & X. Jiang. 2019. The Effects of

- Trichoderma on Preventing Cucumber Fusarium Wilt and Regulating Cucumber Physiology. *Journal of Integrative Agriculture*. 18 (3): 607–617.
- Miftahurrohmat, A. & Sutarman. 2020. Utilization of *Trichoderma* sp. and *Pseudomonas fluorescens* as Biofertilizer in Shade-resistant Soybean. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 821 (1): 012002.
- Moon, C., D. J. Seo, Y. S. Song, S. H. Hong, S. H. Choi & W. J. Jung. 2017. Antifungal Activity and Patterns of N-Acetyl-Chitooligosaccharide Degradation Via Chitinase Produced from *Serratia Marcescens* PRNK-1. *Microb. Pathog.* 113: 218–224.
- Oyeleye, A. A. & Y. M. Norm. 2018. Chitinase: Diversity, Limitations, and Trends in Engineering for Suitable Applications. *Bioscience reports*. 38 (4): 1-56
- Pagani, A. P. S., A. C. Dianese & A. C. Café-Filho. 2014. Management of Wheat Blast With Synthetic Fungicides, Partial Resistance and Silicate and Phosphite Minerals. *Phytoparasitica*. 42: 609–617.
- Pelagio-Flores, R., S. Esparza-Reynoso, A. Garnica-Vergara, J. López-Bucio & A. Herrera-Estrella. 2017. *Trichoderma*-induced Acidification is an Early Trigger for Changes in *Arabidopsis* Root Growth and Determines Fungal Phytostimulation. *Front. Plant Sci.* 8: 1–13.
- Saravanakumar, K., C. Yu, K. Dou, M. Wang, Y. Li & J. Chen. 2016. Synergistic Effect of *Trichoderma*-Derived Antifungal Metabolites and Cell Wall Degrading Enzymes on Enhanced Biocontrol of *Fusarium oxysporum* F. sp. Cucumerinum. *Biol. Control*. 94: 37–46.
- Setiawan, A. N., K. Vistiadi & Sarjiyah. 2021. Perkecambahan dan Pertumbuhan Bawang Merah dengan Direndam Dalam Giberelin. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 21(1): 40–50.
- Shang, J., B. Liu & Z. Xu. 2020. Efficacy of *Trichoderma asperellum* TC01 Against Anthracnose and Growth Promotion of *Camellia sinensis* Seedlings. *Biol. Control*. pp. 143: 104–205.
- Shrestha. U., M. E. Dee, S. Piya, B. H. Ownley & D. M. Butler. 2019. Soil Inoculation With *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum* or *Streptomyces griseoviridis* Prior to Anaerobic Soil Disinfestation (ASD) Does Not Increase ASD Efficacy Against *Sclerotium Rolfsii* Germination. *Appl. Soil Ecol.* 147: 103383.
- Singh, A., N. Shukla, B. C. Kabadwal, A. K. Tewari & J. Kumar. 2018. Review on Plant-*Trichoderma*-Pathogen Interaction. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 7 (2): 2382–2397.
- Sudarmini, D. P., I. M. Sudana, I. P. Sudiarta & G. Suastika. 2018. Pemanfaatan Bakteri Pelarut Fosfat Penginduksi Hormon IAA (Indol Acetic Acid) untuk Peningkatan Pertumbuhan Kedelai (*Glycine max*). *J. Agric. Sci. and Biotechnol.* 7 (1): 1–12.
- Sutarman, A. E. Prihatiningrum, A. Sukarno & A. Miftahurrohmat. 2018. Initial Growth Response of Shallot on *Trichoderma* Formulated in Oyster Mushroom Cultivation Waste. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 420: 012064.
- Sutarman. 2019. Application of *Trichoderma harzianum* as Soil Treatment and Additional Treatment for Control of Potato Diseases. *Journal Of Agricultural Science*. 139–150
- Sutarman, A. Miftahurrohmat, I. R. Nuralasari & A. E. Prihatiningrum. 2021. In vitro Evaluation of The *Trichoderma Harzianum* Against Pathogens that Cause Anthracnose in Chili. *Journal of Physics: Conference Series*. 1764: 012026.
- Tripolskaja, L., A. Razukas, G. Sidlauskas & I. Verbyliene. 2017. Effect of Fertilizers With Different Chemical Composition on Crop Yield, Nitrogen Uptake and Leaching in a Sandy Loam Luvisol. *Zemdirbyste Agriculture*. 104 (3): 203–208.
- Tufaila, M., D. D. Laksana & S. Alam. 2014. Aplikasi Kompos Kotoran Ayam untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.) di Tanah Masam. *Jurnal Agroteknos*. 4 (2): 120–127.
- Van Bruggen, A.H.C., M. M. He, K. Shin, V. Mai, K. C. Jeong, M. R. Finckh & J. G. Jr. Morris. 2018. Environmental and Health Effects of The Herbicide Glyphosate. *Sci. Total Environ.* 616: 255–268.
- Vinale, F., K. Sivasithamparam, E. L. Ghisalberti, S. L. Woo, M. Nigro, R. Marra, N. Lombardi, A. Pascale, M. Ruocco, S. Lanzuise, G. Manganiello & M. Lorito. 2014.

- Trichoderma* Secondary Metabolites Active on Plants and Fungal Pathogens. *The Open Mycology Journal* 8 (1): 127–39.
- Wachid, A. & Sutarman. 2019. Inhibitory Power Test Of Two *Trichoderma* Isolates in In Vitro Way Againsts *Fusarium Oxysporum* The Cause of Red Chili Stem Rot. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1232: 012020.
- You, J., J. Zhang, M. Wu, L. Yang, W. Chen & G. Li. 2016. Multiple Criteria-Based Screening of *Trichoderma* Isolates for Biological Control of *Botrytis cinerea* on Tomato. *Biological Control*. 101: 31–38.
- Zhou, S., Q. Tong, X. Pan, M. Cao, H. Wang, J. Gao & X. Ou. 2021. Research on Low-Carbon Energy Transformation of China Necessary to Achieve The Paris Agreement Goals: A Global Perspective. *Energy Economics*. 95: 105–137.