

KOMBINASI KONSENTRASI PUPUK MAJEMUK BERTEKNOLOGI NANO DAN *TRICHODERMA* SP. TERHADAP PENINGKATAN PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa* L.)

Diterima:

22 November 2024

Revisi:

29 November 2024

Terbit:

30 November 2024

¹Tri Endrawati, ²Alvita Sekar Sarjani

^{1,2}Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Islam Balitar
^{1,2}Blitar, Indonesia

E-mail: triendrawati14@gmail.com, alvitasarjani92@gmail.com.

ABSTRAK

Tanaman Pakcoy adalah tanaman hortikultura yang diminati karena kandungan gizinya yang kaya dan baik untuk kesehatan. Dalam menghadapi tantangan meningkatkan produktivitas tanaman secara berkelanjutan dan meminimalkan dampak lingkungan, teknologi pertanian inovatif seperti pupuk majemuk berteknologi nano dan *Trichoderma* sp. menjadi solusi potensial. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan dua Faktor, Faktor pertama pupuk majemuk berteknologi nano dan faktor kedua Pemberian *Trichoderma* sp. parameter pengamatan yaitu tinggi tanaman, jumlah daun diameter batang dan berat tanaman. Hasil dari analisa sidik ragam pada parameter pertumbuhan dan hasil tanaman diantaranya tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang dan berat tanaman bahwa perlakuan dengan kombinasi *Trichoderma* sp. sebesar 15 g per tanaman dan pupuk majemuk berteknologi nano pada konsentrasi 15 mg/L merupakan perlakuan terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Kata Kunci : Pupuk Nano, *Trichoderma* sp., Pakcoy, Pupuk Majemuk

ABSTRACT

Pakcoy is a horticultural crop highly valued for its rich nutritional content and health benefits. To address the challenge of sustainably increasing plant productivity while minimizing environmental impact, innovative agricultural technologies such as nano-technology-based compound fertilizers and *Trichoderma* sp. offer promising solutions. This study employed a Randomized Complete Block Design (RCBD) with two factors: the first factor was nano-technology compound fertilizer, and the second was the application of *Trichoderma* sp. The observed parameters included plant height, number of leaves, stem diameter, and plant weight. The analysis of variance (ANOVA) revealed that the treatment combining *Trichoderma* sp. at 15 g per plant and nano-technology compound fertilizer at a concentration of 15 mg/L was the most effective, significantly outperforming other treatments in terms of plant height, number of leaves, stem diameter, and plant weight.

Keywords: Nano Fertilizer, *Trichoderma* sp., Pakcoy, Compound Fertilizer

PENDAHULUAN

Tanaman Pakcoy merupakan tanaman hortikultura yang banyak diminati untuk konsumsi sayuran. Tanaman Pakcoy juga tergolong tanaman sayuran yang memiliki kandungan gizi dan baik untuk kesehatan, hal ini dikarenakan salah satu alasan petani membudidayakan tanaman Pakcoy yaitu memiliki daun dan batang yang lebar dibandingkan sawi (Anjani, 2022). Pakcoy mengandung berbagai biomolekul penting seperti vitamin C, aldehida, keton, flavonoid, selenium, karotenoid, dan glukosinolat. Kandungan ini memberikan sifat antioksidan, antimikroba, dan antikanker pada tanaman Pakcoy (Ria zet al, 2023).

Pertanian merupakan sektor penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan manusia. Namun, tantangan utama dalam pertanian modern adalah meningkatkan produktivitas tanaman secara berkelanjutan sambil meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu cara untuk mencapai hal ini adalah melalui penggunaan teknologi pertanian yang inovatif, seperti pupuk majemuk berteknologi nano dan mikroorganisme pelarut fosfat seperti *Trichoderma* sp.

Pupuk majemuk berteknologi nano adalah formulasi pupuk yang mengandung unsur hara mikro dan makro dalam bentuk nano, yang memungkinkan penyerapan dan penggunaan nutrisi oleh tanaman secara lebih efisien. Pupuk nano yang memiliki ukuran kecil memiliki keunggulan lebih reaktif, sehingga langsung mencapai sasarannya (Widowati, 2021). Pemberian pupuk berteknologi nano telah menjadi fokus penelitian dalam meningkatkan efisiensi penggunaan unsur hara pada tanaman, termasuk Pakcoy. Studi menunjukkan bahwa penggunaan pupuk berteknologi nano dapat meningkatkan efisiensi penggunaan unsur hara pada tanaman Pakcoy (Pikukuh, 2015). Pemberian pupuk nano juga diketahui dapat mengurangi toksisitas tanah dan meminimalkan potensi dampak negatif akibat penggunaan pupuk konvensional yang berlebihan (Rohaeni, 2010). Aplikasi pupuk nano memberikan pengaruh nyata pada beberapa peubah pertumbuhan pada tanaman bayam merah (Mujahid, 2017). Dari keunggulan pupuk nano tersebut diharapkan pupuk nano dapat menjadi terobosan teknologi peningkatan produksi (Anane, 2018).

Trichoderma sp. merupakan jenis fungi yang memiliki peran penting dalam meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, terutama fosfat, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. *Trichoderma* sp. dapat digunakan sebagai pengendali hayati terhadap patogen tanaman, baik di tanah maupun udara (Jumadi, 2021). Selain itu juga dikenal sebagai agen promotor pertumbuhan tanaman yang membantu dalam penyerapan nutrisi, modulasi hormon endogen tanaman, dan peningkatan kemampuan akar dalam menyerap air (Sutarman, 2017).

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian ini bertujuan 1) untuk mengetahui pengaruh kombinasi konsentrasi pupuk majemuk berteknologi nano terhadap pertumbuhan tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.), 2) untuk mengetahui dampak pemberian *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan dan hasil panen tanaman Pakcoy, 3) untuk mengetahui interaksi

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Rejowinangun Kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar pada Juni 2024 – September 2024.

Bahan dan Alat

Bahan dan Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih Pakcoy, Blotong, Abu Ketel, Polibag, *Trichoderma* sp. Pupuk majemuk berteknologi nano, EM4, label, paranet, tali rafia, ajir bambu, gembor, jangka sorong, Arko, pH meter, penggaris, baki, meteran, gelas ukur, timbangan analitik, plastic, sarung tangan, kamera, dan alat tulis-menulis.

Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial, factor pertama adalah Perlakuan Konsentrasi pupuk majemuk berteknologi nano dan faktor kedua adalah Perlakuan Pemberian *Trichoderma* sp..

Faktor 1 Perlakuan Konsentrasi pupuk majemuk berteknologi nano

P1 : Konsentrasi pupuk majemuk berteknologi nano 5 mg/L

P2 : Konsentrasi pupuk majemuk berteknologi nano 10 mg/L

P3 : Konsentrasi pupuk majemuk berteknologi nano 15 mg/L

Faktor 2 Perlakuan Pemberian *Trichoderma* sp.

T1 : *Trichoderma* sp.5 gram/tanaman

T2 : *Trichoderma* sp.10gram/tanaman

T3 : *Trichoderma* sp 15 gram/tanaman

Kombinasi perlakuan yang dihasilkan dari dua faktor tersebut terdiri dari P1T1, P1T2, P1T3, P2T1, P2T2, P2T3, P3T1, P3T2, dan P3T3, sehingga terdapat total 9 perlakuan. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga ulangan, menghasilkan total 27 unit percobaan. Dalam setiap unit percobaan, terdapat tiga tanaman yang ditanam dalam polybag, sehingga total tanaman yang diperlukan untuk seluruh percobaan adalah 81 tanaman

Variabel Pengamatan

Pengamatan pertumbuhan dan hasil tanaman meliputi : Tinggi Tanaman (cm), mengukur panjang tanaman dari pangkal batang hingga titik tumbuh tertinggi untuk menentukan pertumbuhan vertikal. Jumlah Daun per Tanaman, menghitung total daun yang tumbuh pada setiap tanaman sebagai indikator perkembangan tajuk dan kesehatan tanaman. Diameter Batang (cm), mengukur ketebalan batang utama menggunakan alat ukur seperti jangka sorong untuk menilai kekokohan dan kapasitas penyaluran nutrisi. Berat Tanaman (gram), menimbang berat total tanaman setelah panen untuk mengevaluasi akumulasi biomassa sebagai hasil akhir pertumbuhan.

Prosedur Penelitian

Proses budidaya Pakcoy dimulai dengan penyemaian benih yang ditanam pada tray berisi media tanam, kemudian dibiarkan tumbuh selama 14 hari. Setelah itu, dilakukan persiapan media tanam yang terdiri dari campuran blotong dan abu ketel dengan rasio 5:2. Blotong segar difermentasi terlebih dahulu sebelum dicampur dengan abu ketel dan *Trichoderma* sp. Media yang telah tercampur merata kemudian dimasukkan ke dalam polibag sebagai media tanam. Langkah berikutnya adalah penanaman, di mana bibit yang telah berumur 14 hari dipindahkan ke polibag berisi media tanam tersebut. Selama proses pertumbuhan, tanaman disiram setiap hari untuk memastikan kebutuhan air tercukupi. Pemupukan dilakukan dengan menggunakan pupuk majemuk berteknologi nano sesuai dosis perlakuan, sementara *Trichoderma* sp. diberikan sebelum pindah tanam dan 14 hari setelah tanam. Pengendalian organisme pengganggu tanaman dilakukan dengan rutin mengamati keberadaan hama atau penyakit, serta menggunakan insektisida nabati atau pestisida organik jika diperlukan. Panen dilakukan saat tanaman berusia 30–40 hari setelah tanam, ketika daun-daun Pakcoy telah cukup berkembang dan siap dipanen.

Analisa Data

Data hasil pengamatan akan dianalisis menggunakan metode analisis varians. Jika analisis tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, maka dilanjutkan dengan pengujian Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada tingkat kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek kombinasi antara konsentrasi pupuk majemuk berteknologi nano dan pemberian *Trichoderma* sp. terhadap parameter pertumbuhan dan hasil tanaman Pakcoy. Empat parameter utama yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, dan berat tanaman.

Tri Endrawati, & Alvita Sekar Sarjani. Kombinasi Konsentrasi Pupuk Majemuk Berteknologi Nano dan *Trichoderma* sp. Terhadap Peningkatan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*)
Journal Viabel Pertanian. (2024), 18(2) 115-122

Tinggi Tanaman

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan P3T3 menghasilkan tinggi tanaman tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya pada pengamatan umur tanaman 7 HST, 14 HST dan 21 HST. Nilai masing-masing tinggi tanaman pada perlakuan P3T3 yaitu 9733 cm, 13,7333 cm dan 18,3333 cm. Tinggi tanaman yang menunjukkan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya pada kombinasi ini disebabkan oleh peran *Trichoderma* sp., yang mendukung pertumbuhan akar melalui peningkatan ketersediaan nutrisi dan produksi hormon tumbuh, seperti auksin dan gibberelin. Selain itu, pupuk nano pada konsentrasi 15 mg/L menyediakan nutrisi esensial secara cepat dan efisien. Peningkatan tinggi tanaman mengindikasikan kemampuan tanaman untuk memanfaatkan kombinasi perlakuan ini dalam mendukung pertumbuhan vegetatif.

Tabel 1. Tinggi Tanaman pada umur tanaman 7 HST, 14 HST dan 21 HST (cm)

PERLAKUAN	TINGGI TANAMAN (cm)					
	7 HST		14 HST		21 HST	
P1T1	9.6	b	13.1	b	17.6	b
P1T2	9.4	c	12.9667	bc	17.6667	b
P1T3	7.567	f	11.7667	e	16.3667	c
P2T1	8.867	d	12.8667	c	17.6667	b
P2T2	7.233	g	11.2333	f	15.7333	d
P2T3	7.967	e	11.9667	d	16.4667	c
P3T1	8.933	d	12.9333	c	17.5333	b
P3T2	6.733	i	10.7333	g	15.2333	e
P3T3	9.733	a	13.7333	a	18.3333	a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncans 0.05

Tinggi tanaman yang signifikan pada perlakuan ini disebabkan oleh kontribusi sinergis antara *Trichoderma* sp. dan pupuk nano dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. *Trichoderma* sp. berperan penting sebagai agen hayati yang meningkatkan ketersediaan nutrisi melalui aktivitas enzimatik, seperti enzim fosfatase yang melarutkan fosfat terikat di tanah sehingga lebih mudah diserap oleh akar (Harman et al., 2004). Selain itu, *Trichoderma* sp. menghasilkan fitohormon seperti auksin dan gibberelin, yang berperan dalam stimulasi perpanjangan sel dan pembentukan jaringan baru, terutama pada batang dan daun tanaman (Hoyos-Carvajal et al., 2009).

Pupuk nano pada konsentrasi 15 mg/L juga berkontribusi besar dengan menyediakan nutrisi esensial dalam bentuk yang lebih mudah tersedia dan efisien diserap oleh tanaman. Ukuran partikel nano memungkinkan nutrisi masuk ke dalam jaringan tanaman dengan cepat dan merata, meningkatkan efisiensi fotosintesis dan metabolisme tanaman (Chen et al., 2014). Selain itu, pelepasan nutrisi yang terkendali dari pupuk nano memastikan tanaman mendapatkan pasokan nutrisi secara berkelanjutan, sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif yang optimal tanpa risiko kekurangan atau kelebihan nutrisi (Ghormade et al., 2011).

Interaksi antara *Trichoderma* sp. dan pupuk nano dalam perlakuan kombinasi *Trichoderma* sp. sebesar 15 g per tanaman dan pupuk majemuk berteknologi nano pada konsentrasi 15 mg/L menciptakan lingkungan rizosfer yang ideal bagi perkembangan akar, sehingga meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap air dan nutrisi. Kondisi ini memungkinkan distribusi hasil fotosintesis ke jaringan tanaman berlangsung lebih efisien, yang ditunjukkan dengan peningkatan tinggi tanaman (Ezziyyani et al., 2004). Tinggi tanaman yang optimal merupakan indikator keberhasilan tanaman dalam memanfaatkan kombinasi perlakuan ini untuk mendukung pertumbuhan vegetatif, yang sangat penting untuk akumulasi biomassa secara keseluruhan.

Tri Endrawati, & Alvita Sekar Sarjani. Kombinasi Konsentrasi Pupuk Majemuk Berteknologi Nano dan *Trichoderma* sp. Terhadap Peningkatan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Barssica rapa L.*). *Journal Viabel Pertanian*. (2024), 18(2) 115-122

Jumlah Daun per Tanaman

Berdasarkan hasil sidik ragam dapat diperlihatkan perlakuan terbaik pada umur tanaman 7 HST, 14 HST dan 21 HST pada perlakuan P3T3 dengan nilai berturut-turut 9,533, 14,167 dan 26,833, perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan P3T3 juga menghasilkan jumlah daun tertinggi, yaitu rata-rata 8,9 daun per tanaman. Penambahan *Trichoderma* sp. secara signifikan meningkatkan aktivitas mikroba tanah, yang berkontribusi pada peningkatan ketersediaan nitrogen dan fosfor. Pupuk majemuk berteknologi nano mendukung proses pembelahan dan pemanjangan sel, yang terlihat pada peningkatan jumlah daun. Daun yang lebih banyak mendukung fotosintesis optimal, sehingga akumulasi biomassa meningkat.

Perlakuan P3T3, yaitu kombinasi *Trichoderma* sp. sebesar 15 g per tanaman dan pupuk majemuk berteknologi nano pada konsentrasi 15 mg/L, Hal ini mencerminkan adanya sinergi positif antara agens hayati *Trichoderma* sp. dan pupuk nano dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman Pakcoy. *Trichoderma* sp. memainkan peran kunci dalam meningkatkan aktivitas mikroba tanah melalui produksi enzim seperti fosfatase dan protease yang membantu memobilisasi fosfor dan nitrogen dari bentuk yang tidak tersedia menjadi mudah diserap tanaman (Harman et al., 2004). Peningkatan ketersediaan nitrogen sangat penting untuk pembentukan klorofil, yang mendukung perkembangan daun secara optimal (Hoyos-Carvajal et al., 2009).

Tabel 2. Jumlah daun pada umur tanaman 7 HST, 14 HST dan 21 HS

PERLAKUAN	JUMLAH DAUN					
	7 HST		14 HST		21 HST	
P1T1	4.5	b	8.083	d	13	b
P1T2	4.5	b	8.783	d	13.167	b
P1T3	3.5	d	7.85	e	12	c
P2T1	4.333	b	7.5	f	13	b
P2T2	3.5	d	7.067	g	11	d
P2T3	4	c	7.575	f	12	c
P3T1	4.5	b	9.108	b	13	b
P3T2	3.5	d	7.8	e	10.833	d
P3T3	5	a	9.533	a	14.167	a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncans 0.05

Pupuk majemuk berteknologi nano lebih lanjut mendukung peningkatan jumlah daun dengan memberikan nutrisi secara efisien. Nitrogen yang tersedia dari pupuk nano merangsang pembelahan sel di jaringan meristem, sementara fosfor mendukung proses pembentukan energi yang dibutuhkan untuk pemanjangan sel (Chen et al., 2014). Ukuran partikel nano memungkinkan distribusi nutrisi yang cepat dan merata, sehingga nutrisi esensial dapat mencapai seluruh bagian tanaman dengan efisien (Ghormade et al., 2011).

Peningkatan jumlah daun ini juga berkaitan langsung dengan kemampuan tanaman untuk mendukung fotosintesis secara optimal. Daun yang lebih banyak menyediakan area yang lebih luas untuk penyerapan cahaya matahari, yang penting untuk proses fotosintesis. Produk fotosintesis, seperti karbohidrat, berkontribusi pada akumulasi biomassa yang mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman. Menurut Taiz & Zeiger (2010), fotosintesis yang efisien merupakan faktor utama dalam meningkatkan biomassa tanaman secara keseluruhan. Dengan demikian, peningkatan jumlah daun pada perlakuan P3T3 tidak hanya menunjukkan keberhasilan perlakuan dalam mendukung pertumbuhan vegetatif, tetapi juga merupakan indikator potensi hasil tanaman yang lebih baik.

Diameter Batang

Kombinasi perlakuan P3T3 menghasilkan diameter batang tertinggi berdasarkan hasil sidik ragam pada umur tanaman 7 HST yaitu 5 mm, 14 HST 7 mm dan 21 HST 10,033 mm. Perlakuan P3T3 pada parameter diameter batang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Diameter batang yang lebih besar menunjukkan struktur tanaman yang kokoh dan kapasitas untuk mendukung transportasi air dan nutrisi yang lebih baik. Hal ini sejalan dengan peran *Trichoderma* sp. dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aktivitas rizosfer, serta dukungan pupuk nano yang menyediakan unsur makro dan mikro dalam bentuk partikel kecil, sehingga mudah diserap oleh tanaman.

Tabel 3. Diameter batang pada umur tanaman 7 HST, 14 HST dan 21 HST (mm)

PERLAKUAN	DIAMETER BATANG					
	7 HST		14 HST		21 HST	
P1T1	4.867	b	6.367	b	9.4	b
P1T2	4.683	c	6.25	bc	9.267	bc
P1T3	2.833	f	5.033	e	8.067	e
P2T1	4.15	d	6.15	c	9.167	c
P2T2	2.5	g	4.5	f	7.533	f
P2T3	3.25	e	5.25	d	8.267	d
P3T1	4.2	d	6.2	c	9.233	c
P3T2	2.0	h	4.0	g	7.033	g
P3T3	5	a	7	a	10.033	a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncans 0.05

Kombinasi perlakuan P3T3 menghasilkan diameter batang terbesar dibandingkan perlakuan lain. Diameter batang yang lebih besar mencerminkan struktur tanaman yang kuat, mendukung transportasi air, nutrisi, dan metabolit fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tanaman secara optimal. *Trichoderma* sp. memiliki peran penting dalam memperbaiki struktur tanah melalui produksi enzim dan senyawa organik yang membantu dekomposisi bahan organik, meningkatkan aerasi, serta kapasitas retensi air di zona rizosfer (Harman et al., 2004). Kondisi tanah yang lebih baik ini mendukung perkembangan akar, meningkatkan kemampuan penyerapan air dan nutrisi, yang berkontribusi pada pertumbuhan batang yang lebih besar dan kokoh.

Trichoderma sp. juga memproduksi hormon seperti auksin yang merangsang pembesaran sel dan pembentukan jaringan lignin pada batang, sehingga menjadikannya lebih kuat dan tahan tekanan mekanis (Hoyos-Carvajal et al., 2009). Selain itu, perbaikan rizosfer oleh *Trichoderma* sp. menciptakan sinergi dengan pupuk nano, yang menyediakan unsur makro dan mikro dalam bentuk partikel kecil sehingga lebih mudah diserap oleh akar (Ghormade et al., 2011). Nitrogen dari pupuk nano mendukung pembelahan sel pada jaringan batang, sementara kalium membantu memperkuat dinding sel, yang berkontribusi pada peningkatan diameter batang (Chen et al., 2014).

Diameter batang yang lebih besar mencerminkan efisiensi transportasi melalui xilem dan floem. Taiz dan Zeiger (2010) menyatakan bahwa peningkatan diameter batang meningkatkan kapasitas distribusi air dan nutrisi, mendukung pertumbuhan vegetatif, dan akumulasi biomassa. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan P3T3 memberikan dampak positif terhadap fisiologi dan struktur tanaman, meningkatkan adaptasi terhadap lingkungan, serta potensi hasilnya.

Berat Tanaman

Berat tanaman merupakan parameter utama yang mencerminkan hasil akhir. Perlakuan P3T3 menghasilkan berat tanaman tertinggi yaitu 109,5 gram per tanaman, yang merupakan hasil

Tri Endrawati, & Alvita Sekar Sarjani. Kombinasi Konsentrasi Pupuk Majemuk Berteknologi Nano dan *Trichoderma* sp. Terhadap Peningkatan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*). *Journal Viabel Pertanian*. (2024), 18(2) 115-122

tertinggi. Kombinasi ini memberikan nutrisi secara efisien dan mendukung proses metabolisme tanaman. Aktivitas *Trichoderma* sp. tidak hanya meningkatkan serapan nutrisi tetapi juga melindungi tanaman dari patogen tanah, sehingga energi tanaman lebih difokuskan pada pertumbuhan dan produksi biomassa.

Tabel 4. Berat Tanaman pada saat panen

PERLAKUAN	BERAT TANAMAN
P1T1	108.767 bc
P1T2	108.85 b
P1T3	107.533 d
P2T1	108.85 b
P2T2	106.9 e
P2T3	107.65 d
P3T1	108.7 c
P3T2	106.417 f
P3T3	109.5 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada kolom sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncans 0.05

Perlakuan P3T3 menghasilkan diameter batang terbesar, mencerminkan struktur tanaman yang kokoh dan efisien dalam mendukung transportasi air, nutrisi, serta metabolit fotosintesis. Sinergi antara *Trichoderma* sp. dan pupuk nano menjadi faktor utama di balik hasil ini. *Trichoderma* sp. meningkatkan kualitas tanah dengan memproduksi enzim dan senyawa organik yang memperbaiki aerasi dan daya simpan air, mendorong perkembangan akar, dan meningkatkan penyerapan nutrisi (Harman et al., 2004). Selain itu, *Trichoderma* sp. memproduksi hormon auksin yang mendukung pembesaran sel dan pembentukan lignin pada batang, menjadikannya lebih kuat dan tahan tekanan mekanis (Hoyos-Carvajal et al., 2009).

Pupuk nano memberikan unsur hara makro dan mikro dalam partikel kecil, sehingga lebih mudah diserap akar, dengan nitrogen mendukung pembelahan sel dan kalium memperkuat dinding sel (Ghormade et al., 2011; Chen et al., 2014). Diameter batang yang lebih besar meningkatkan efisiensi transportasi xilem dan floem, mendukung pertumbuhan vegetatif, dan akumulasi biomassa (Taiz & Zeiger, 2010). Dengan demikian, perlakuan T3N3 memberikan pengaruh positif pada fisiologi dan struktur tanaman, meningkatkan adaptasi lingkungan, serta potensi hasil panen.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada penelitian dengan judul kombinasi konsentrasi pupuk majemuk berteknologi nano dan *Trichoderma* sp. terhadap peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) dapat disimpulkan bahwa kombinasi konsentrasi pupuk majemuk berteknologi nano dan *Trichoderma* sp. mempunyai pengaruh nyata pada semua parameter pertumbuhan dan hasil tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) yaitu meliputi parameter tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang dan berat tanaman. Perlakuan terbaik adalah kombinasi *Trichoderma* sp. sebesar 15 g per tanaman dan pupuk majemuk berteknologi nano pada konsentrasi 15 mg/L,

Saran

Kombinasi *Trichoderma* sp. dan pupuk majemuk berbasis teknologi nano dapat digunakan secara luas dalam budidaya tanaman untuk meningkatkan parameter pertumbuhan, khususnya diameter batang, yang berhubungan langsung dengan produktivitas tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Anane, K., 2008. Nanotechnology in Agricultural Development in ACP Region. *Actual Science and Politics Hortorum Cultus* 13(3) : 135-141
- Anjani, BPT. Santoso, BB. Sumarjan. 2022. Pertumbuhan dan hasil sawi Pakcoy (*Brassica rapa L.*) sistem tanaman wadah pada berbagai dosis pupuk kascing. *Jurnal Agrokomplek* Vol. 1 No. 1. 1-9
- Chen, J., Liang, W., Zhu, X., & Tang, Y. (2014). Effects of nano-fertilizer on growth and nutrient uptake of plants: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(18), 10295-10305.
- Ezziyyani, M., Requena, M. E., Egea-Gilabert, C., & Candela, M. E. (2004). Biological control of *Phytophthora capsici* in pepper plants using *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma koningii*. *International Microbiology*, 7(1), 59-63.
- Ghormade, V., Deshpande, M. V., & Paknikar, K. M. (2011). Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnology Advances*, 29(6), 792-803.
- 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.
- Hoyos-Carvajal, L., Orduz, S., & Bissett, J. (2009). Genetic and metabolic biodiversity of *Trichoderma* from Colombia and adjacent neotropical regions. *Fungal Genetics and Biology*, 46(9), 615-631.
- Jumadi, O. Junda, M. Caronge MW. Syafruddin. 2021. *Trichoderma* dan pemanfaatannya, Jurusan Biologi FMIPA UNM Rarangtambung, Makasar
- Mujahid, A. Sudiarso dan Aini, N. 2017. Uji aplikasi pupuk berteknologi nano pada budidaya tanaman bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.). *Jurnal Produksi Tanaman* Vol.5 No. 3. 538-545
- Pikukuh, P. Djajadi. Tyasmoro SY. Aini N. 2015. Pengaruh Frekuensi Dan Konsentrasi Penyemprotan Pupuk Nano Silika (Si) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum L.*). *Jurnal Produksi Tanaman* Vol. 3. No. 3. 249-258
- Riaz, Tauheeda; Asghar, Aisha; Shahzadi, Tayyaba; Shahid, Sammia; Mansoor, Sana; Asghar, Amina; Javed, Mohsin; Iqbal, Shahid; Alotaibi, Mohammed T. 2023. Green synthesis of ZnO and Co-ZnO using *Brassica rapa* leave's extract and their activities as antioxidant agents, efficient adsorbents, and dye removal agents. *Journal of Saudi Chemical Society*. 27 (5): 101716. doi:10.1016/j.jscs.2023.101716. ISSN 1319-6103
- Rohaeni, WR. Susanto, U. 2010. Abdulrahman, S. Potensi Pemanfaatan Pupuk Nano Untuk Mendukung Bio-Industri Budidaya Padi Di Indonesia. <https://repository.pertanian.go.id/server/api/core/bitstreams/9eb1e609-717e-479c-8469-80a765aed229/content>
- Sutarman, 2017. Pemanfaatan fungi agen hayati sebagai mitigasi cekaman lingkungan dalam budidaya padi dan kedele, UMSIDA PRESS, Sidoarjo
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology* (5th ed.). Sinauer Associates.
- Widowati, LR. 2011. Pengembangan Teknologi Nano Dengan Memanfaatkan Bahan Batuan Alami San Bahan Organik. Proposal Program Insentif Riset Terapan. Balai Penelitian Tanah Kementerian Pertanian, Jakarta