

PENGARUH TRICHODERMA DAN PUPUK NPK TERHADAP PERTUMBUHAN PEMBIBITAN AWAL KELAPA SAWIT

Effect of Trichoderma and NPK Fertilizer on Early-Stage Oil Palm Seedling Growth

Alfian Novrizal¹, Okta Nindita Priambodo¹, Ade Wachjar¹, Dani Lukman Hakim¹

¹ Program Studi Teknologi Pengolahan Sawit, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung, Kota Deltamas Lot-A1 CBD, Jl. Ganesha Boulevard No.1 Blk A, Pasirranji, Kec. Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530

Diterima redaksi: 4 April 2026 / Direvisi: 24 Juni 2026/ Disetujui: 1 Juli 2026/

Diterbitkan online: 14 Juli 2026

DOI: 10.21111/agrotech.v12i01.9

Abstrak. Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas strategis yang berperan penting dalam perekonomian global, khususnya di Indonesia. Keberhasilan produksi tanaman ini sangat ditentukan oleh kualitas bibit pada fase pembibitan awal, yang berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif dan potensi hasil di masa mendatang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aplikasi Trichoderma dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit, serta mengevaluasi interaksi kedua perlakuan dalam menentukan kombinasi dosis yang optimal. Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor, yaitu Trichoderma (0, 20, dan 40 g/bibit) dan pupuk NPK (0, 0,5, dan 1 g/bibit), dengan tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun pada umur 4–10 minggu setelah tanam (MST). Data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) pada taraf 5%, dilanjutkan dengan analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk NPK berpengaruh signifikan terhadap peningkatan tinggi tanaman ($p < 0,05$) dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,58, sedangkan Trichoderma tidak menunjukkan pengaruh signifikan secara parsial. Interaksi antara Trichoderma dan NPK memberikan pengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman ($R^2 = 0,62$; $p = 0,032$), namun tidak signifikan terhadap jumlah daun. Pertumbuhan jumlah daun cenderung stabil dan tidak menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan. Pupuk NPK berperan dominan dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif bibit kelapa sawit, khususnya tinggi tanaman, sedangkan Trichoderma berfungsi sebagai faktor pendukung yang meningkatkan efisiensi pertumbuhan melalui mekanisme biologis. Dengan demikian, kombinasi pupuk anorganik dan agen hayati berpotensi dikembangkan sebagai strategi pembibitan yang lebih berkelanjutan, meskipun diperlukan optimasi dosis dan kondisi aplikasi untuk memperoleh efek sinergis yang maksimal.

Kata Kunci: Interaksi perlakuan, jumlah daun, penyerapan hara, pupuk hayati, tinggi tanaman

Abstract. Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is a strategic commodity that plays an important role in the global economy, especially in Indonesia. The success of this crop production is largely determined by the quality of seedlings in the early nursery phase, which influences vegetative growth and future yield potential. This study aims to analyze the effect of Trichoderma and NPK fertilizer applications on oil palm seedling growth, and to evaluate the interaction of the two treatments in determining the optimal dose combination. The study was conducted using a factorial Randomized Block Design (RBD) with two factors, namely Trichoderma (0, 20, and 40 g/seedling) and NPK fertilizer (0, 0.5, and 1 g/seedling), with three replications. The parameters observed included plant height and number of leaves at 4–10 weeks after planting (WAP). Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) at the 5% level, followed by descriptive analysis. The results showed that NPK fertilizer had a significant effect on increasing plant height ($p < 0.05$) with a coefficient of determination (R^2) of 0.58, while Trichoderma did not show a significant effect partially. The interaction between Trichoderma and NPK had a significant effect on plant height ($R^2 = 0.62$; $p = 0.032$), but was not significant on the number of leaves. The growth

Pengaruh *Trichoderma* dan Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan Pembibitan Awal Kelapa Sawit

of the number of leaves tended to be stable and did not show significant differences between treatments. NPK fertilizer played a dominant role in increasing the vegetative growth of oil palm seedlings, especially plant height, while *Trichoderma* functioned as a supporting factor that increased growth efficiency through biological mechanisms. Thus, the combination of inorganic fertilizers and biological agents has the potential to be developed as a more sustainable nursery strategy, although optimization of dosages and application conditions is required to obtain maximum synergistic effects.

Keywords: Biofertilizer, number of leaves, nutrient uptake, plant height, treatment interaction

* Korespondensi email: alfiannovrizal@itsb.ac.id

Alamat : Jl. Ganesha Boulevard LOT A1, CBD Kota Deltamas, Kec. Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis yang berperan penting dalam perekonomian global, khususnya di negara-negara tropis seperti Indonesia. Sebagai produsen utama minyak sawit dunia, keberlanjutan produktivitas tanaman ini menjadi perhatian utama dalam sistem budidaya modern (Ogahara et al., 2022). Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencakup sekitar 34,18% dari total perkebunan kelapa sawit di dunia (Oya et al., 2023). Sektor ini memberikan kontribusi pada pengurangan kemiskinan dan peningkatan pengeluaran rumah tangga di tingkat kabupaten (Edwards, 2026). Seiring dengan terus berjalannya program Peremajaan Sawit Rakyat (PSR) dan ekspansi lahan yang terukur, kebutuhan terhadap ketersediaan bibit unggul berkualitas tinggi meningkat tajam, yang diperkirakan mencapai ratusan juta hingga miliaran unit bibit setiap tahunnya untuk menjamin keberlanjutan produktivitas di masa depan.

Menurut (Prasetya et al., 2025), salah satu faktor penentu keberhasilan produksi kelapa sawit adalah kualitas bibit pada fase pembibitan, karena fase ini sangat menentukan performa pertumbuhan vegetatif, efisiensi penyerapan hara, serta potensi hasil pada fase tanaman menghasilkan. Bibit yang berkualitas tinggi akan memiliki sistem perakaran yang berkembang baik, vigor yang tinggi, serta kemampuan adaptasi yang lebih optimal

terhadap kondisi lingkungan di lapangan (Pangaribuan et al., 2024).

Pada fase pembibitan awal, pertumbuhan bibit sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara serta interaksi biologis dalam media tanam. Pemberian pupuk yang seimbang, seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), sangat penting untuk mendukung pertumbuhan vegetatif bibit. Dosis pupuk yang optimal dapat meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun (Sari et al., 2026). Oleh karena itu, penggunaan pupuk anorganik seperti NPK masih menjadi praktik umum dalam pembibitan kelapa sawit karena kemampuannya menyediakan unsur hara secara cepat dan dalam jumlah yang memadai (Oktavian et al., 2025). Namun demikian, ketergantungan yang tinggi terhadap pupuk anorganik tanpa pengelolaan yang tepat dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas tanah, seperti degradasi struktur tanah, dan berkurangnya aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam siklus hara (Xu et al., 2025).

Dalam beberapa dekade terakhir, pendekatan pertanian berkelanjutan mulai mengarahkan perhatian pada pemanfaatan agen hayati sebagai alternatif atau pelengkap pupuk anorganik. Salah satu agen hayati yang banyak dikaji adalah *Trichoderma*, yang dikenal sebagai fungi tanah dengan kemampuan multifungsi dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman (Silva et al., 2022). *Trichoderma* menghasilkan

auksin, giberelin, dan fitohormon lainnya yang merangsang perkembangan akar dan pucuk, sehingga meningkatkan vitalitas tanaman (Singh et al., 2019). *Trichoderma* juga dapat digunakan sebagai biostimulan, biofertilizer, dan agen biokontrol pada berbagai tanaman, termasuk kapas, sorgum, dan teh, untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan pestisida (Petkova et al., 2026). Sifatnya yang ramah lingkungan dan kemampuannya untuk meningkatkan produktivitas tanaman menjadikannya landasan praktik pertanian berkelanjutan (Alizadeh et al., 2024).

Interaksi antara pupuk anorganik dan agen hayati menjadi topik penting dalam upaya meningkatkan efisiensi pemupukan dan keberlanjutan sistem produksi pertanian. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi antara *trichoderma* dan pupuk NPK dapat memberikan efek sinergis dalam meningkatkan hasil panen, penyerapan nutrisi, dan bahan organik tanah dibandingkan dengan aplikasi tunggal (Ren et al., 2025). Sinergi tersebut juga meningkatkan perkembangan akar dengan meningkatkan panjang, diameter, dan jumlah ujung akar, yang memfasilitasi penyerapan nutrisi dan air yang lebih baik (Cuesta et al., 2024). Selain itu, *Trichoderma* meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres abiotik, seperti salinitas dan kekeringan, dengan meningkatkan efisiensi fotosintesis, efisiensi penggunaan nitrogen, dan biomassa akar (Yan et al., 2024). Namun demikian, efektivitas kombinasi tersebut sangat dipengaruhi oleh dosis pupuk, kondisi lingkungan, serta karakteristik media tanam, sehingga respons tanaman dapat bervariasi.

Meskipun berbagai studi telah mengkaji peran *Trichoderma* dan pupuk NPK secara terpisah maupun kombinasi pada beberapa komoditas, kajian yang secara spesifik mengevaluasi dinamika pertumbuhan bibit kelapa sawit pada fase pembibitan awal masih relatif terbatas, terutama yang mempertimbangkan interaksi

dosis kedua perlakuan secara faktorial. Padahal, pemahaman terhadap interaksi tersebut sangat penting untuk merumuskan strategi pemupukan yang efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan pada sistem pembibitan kelapa sawit.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aplikasi *Trichoderma* dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit pada fase pembibitan awal, serta mengevaluasi interaksi antara kedua perlakuan dalam menentukan kombinasi dosis yang paling optimal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi pembibitan yang lebih berkelanjutan, serta menjadi dasar dalam perumusan strategi pemupukan yang adaptif terhadap kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan dimulai dari penanaman kecambah, memberi perlakuan hingga pengamatan. Penelitian ini dilakukan di Institut Teknologi Sains Bandung, Kecamatan Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi, Provinsi Jawa Barat.

Bahan yang digunakan adalah benih kelapa sawit varietas damimas, pupuk *Trichoderma*, pupuk NPK, tanah top soil dengan jenis tanah inceptisol. Alat yang digunakan untuk buku, cangkul, parang, babybag, gergaji, penggaris.

Metode Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Persiapan Media Tanam

Media tanam berupa tanah topsoil dimasukkan ke dalam babybag. Media kemudian diratakan dan disiapkan untuk penanaman bibit.

2. Penanaman Benih

Benih kelapa sawit varietas damimas dengan jumlah 81 tanaman ditanam pada babybag berukuran panjang 22 cm, lebar 14

cm, dan ketebalan 0,007 mm yang telah disiapkan. Penanaman dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak sistem perakaran.

3. Aplikasi Perlakuan

- *Trichoderma* diaplikasikan sesuai dosis perlakuan (0, 20, dan 40 g per bibit) dengan cara dicampurkan ke dalam media tanam di sekitar perakaran (Himawan, 2025).
- Pupuk NPK diberikan sesuai dosis perlakuan (0, 0,5, dan 1 g per bibit) dengan cara ditaburkan di sekitar tanaman (Nurahmi et al., 2024).

Aplikasi dilakukan sesuai dengan kombinasi perlakuan yang telah ditentukan pada rancangan percobaan.

4. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan meliputi:

- Pengendalian gulma secara manual (setiap seminggu sekali) dilakukan dengan mencabut gulma yang ada.
- Pengamatan kondisi tanaman secara berkala (setiap seminggu sekali)

Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor:

- Faktor T (Pupuk *Trichoderma*):
 - T0 = 0 g/bibit
 - T1 = 20 g/bibit
 - T2 = 40 g/bibit
- Faktor N (Pupuk NPK):
 - N0 = 0 g
 - N1 = 0,5 g
 - N2 = 1 g

Sehingga diperoleh 9 kombinasi perlakuan dengan 3 ulangan sesuai denah percobaan. Setiap ulangan terdapat 3 tanaman yang diamati sehingga total tanaman yang diamati sebanyak 81 tanaman.

Parameter Diamati

Variabel pengamatan yang dilakukan meliputi yaitu:

1. Tinggi tanaman (cm)
Tinggi tanaman diukur menggunakan penggaris dari pangkal batang (permukaan media tanam) hingga ujung daun tertinggi yang tegak.
2. Jumlah daun.
Jumlah daun dihitung berdasarkan jumlah daun yang telah membuka sempurna pada setiap bibit.
Semua variabel pengamatan diamati setiap 2 minggu sekali dari 4 minggu setelah tanam sampai 10 minggu setelah masa tanam (MST)

Metode Pengolahan Data

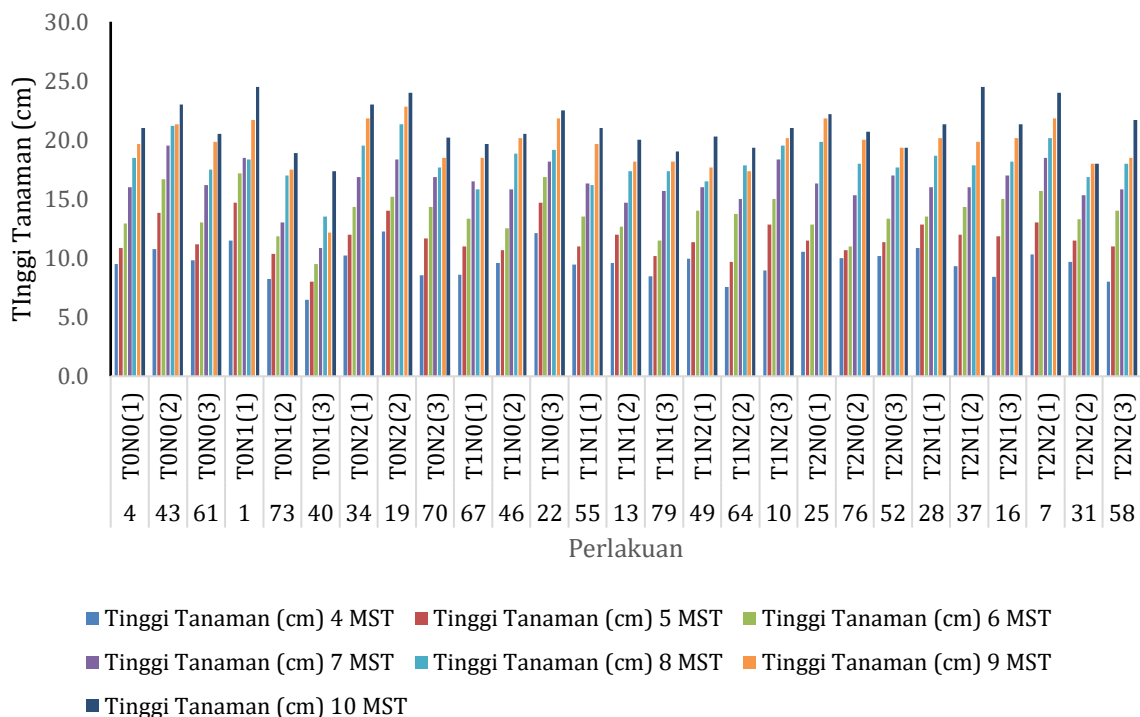
Data yang diperoleh dari kegiatan percobaan dan pengamatan akan dianalisis menggunakan:

- Analisis sidik ragam (ANOVA) pada taraf 5%
- Uji lanjut (DMRT) jika terdapat pengaruh nyata
- Analisis deskriptif untuk melihat kecenderungan pertumbuhan.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel* untuk membandingkan dan mencari rata-rata tinggi tanaman dan jumlah daun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola akumulasi biomassa vegetatif pada tanaman dapat diukur melalui parameter tinggi tanaman. Pengamatan pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dilakukan secara destruktif berulang pada sampel tanaman yang sama setiap minggunya (bukan sampel tanaman berbeda), guna merekam kurva pertumbuhan dinamis secara akurat dari 4 hingga 10 minggu setelah tanam (MST). Rata-rata perkembangan tinggi tanaman akibat pengaruh aplikasi variasi dosis *Trichoderma* dan pupuk NPK disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Pertumbuhan tinggi tanaman

Secara umum, Gambar 1 menunjukkan pola pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit yang meningkat secara linier dan kontinu dari umur 4 hingga 10 minggu setelah tanam (MST) pada seluruh perlakuan, yang mencerminkan perkembangan vegetatif yang normal. Pengukuran dilakukan secara non-destruktif pada sampel tanaman yang sama setiap minggu, sehingga fluktuasi visual atau perbedaan tinggi antarbatang pada grafik tidak menunjukkan penurunan pertumbuhan tanaman, melainkan mencerminkan variasi biologis dan heterogenitas lingkungan mikro antarulangan. Pada fase awal pembibitan (4–5 MST), perbedaan tinggi tanaman antarperlakuan masih relatif kecil karena bibit masih memanfaatkan cadangan hara dari haustorium biji dan beradaptasi dengan media tanam, sehingga respons terhadap perlakuan belum tampak secara nyata.

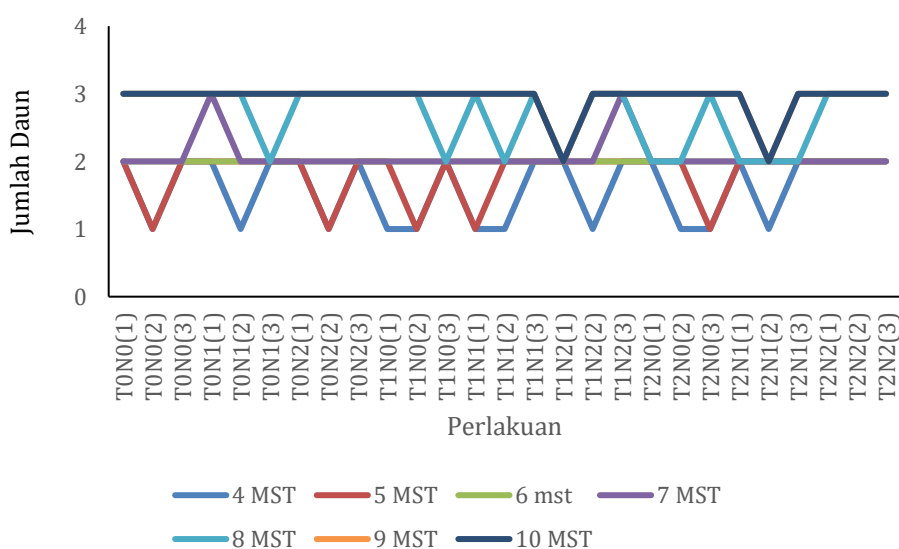
Memasuki umur 6–10 MST, perbedaan pertumbuhan mulai terlihat lebih jelas. Perlakuan yang mendapat aplikasi pupuk NPK, terutama pada dosis N1 dan N2, menunjukkan tinggi tanaman yang secara konsisten lebih besar dibandingkan perlakuan tanpa NPK (N0), mengindikasikan bahwa pupuk NPK memberikan respons yang lebih cepat dan efektif dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif bibit kelapa sawit. Meskipun terdapat beberapa fluktuasi pada grafik, termasuk penurunan pada titik tertentu, kondisi tersebut lebih mencerminkan variasi antarulangan dan pengaruh lingkungan mikro daripada penurunan pertumbuhan tanaman yang sebenarnya.

Pengaruh aplikasi Trichoderma terhadap pertumbuhan tinggi tanaman juga terlihat, meskipun tidak sekuat pengaruh pupuk NPK. Perlakuan Trichoderma tanpa NPK (misalnya T1N0 dan T2N0) belum

Pengaruh Trichoderma dan Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan Pembibitan Awal Kelapa Sawit

mampu meningkatkan tinggi tanaman secara konsisten, sedangkan kombinasi Trichoderma dengan NPK, seperti T1N1 dan T2N2, menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa Trichoderma berperan sebagai faktor pendukung yang bekerja lebih optimal ketika dikombinasikan dengan pupuk anorganik (Sani et al., 2020). Fenomena ini dapat dijelaskan melalui mekanisme kerja *Trichoderma* yang bersifat tidak langsung, seperti meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, memperbaiki struktur tanah, dan

merangsang perkembangan sistem perakaran, sehingga efeknya cenderung lebih lambat dan tidak selalu terlihat signifikan dalam jangka pendek (Asghar et al., 2024). Secara keseluruhan, pola pertumbuhan menunjukkan bahwa pupuk NPK merupakan faktor utama yang meningkatkan tinggi tanaman, sedangkan Trichoderma berkontribusi dalam mendukung efisiensi pertumbuhan ketika diaplikasikan secara kombinitif. Pengaruh aplikasi *trichoderma* terhadap pertumbuhan daun tanaman kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 2 Pertumbuhan jumlah daun tanaman

Berdasarkan gambar 2 tentang pertumbuhan jumlah daun menunjukkan pola pertumbuhan yang relatif stabil dibandingkan dengan tinggi tanaman. Secara umum, jumlah daun pada sebagian besar perlakuan berada pada kisaran 2–3 helai selama periode pengamatan, dengan peningkatan yang tidak terlalu drastis. Pada fase awal pengamatan (4–6 MST), jumlah daun cenderung berada pada nilai yang lebih rendah dan relatif seragam antar perlakuan. Memasuki fase 7–10 MST, terjadi

peningkatan jumlah daun, meskipun masih dalam rentang yang kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan daun pada fase pembibitan berlangsung secara bertahap tanpa adanya lonjakan yang signifikan. Jumlah daun merupakan indikator penting dalam menilai pertumbuhan vegetatif tanaman karena berkaitan langsung dengan kapasitas fotosintesis dan akumulasi biomassa (Sun et al., 2019). Berdasarkan hasil penelitian, seluruh perlakuan menunjukkan tren

peningkatan jumlah daun seiring bertambahnya waktu pengamatan. Namun demikian, perbedaan antar perlakuan tidak terlalu terlihat signifikan, sehingga menunjukkan bahwa faktor perlakuan belum sepenuhnya memberikan pengaruh yang kuat pada fase awal pertumbuhan.

Perlakuan dengan aplikasi pupuk NPK menunjukkan kecenderungan menghasilkan jumlah daun yang sedikit lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa NPK. Hal ini terlihat dari konsistensi nilai jumlah daun yang mencapai 3 helai pada beberapa titik pengamatan. Ketersediaan unsur hara makro, khususnya nitrogen yang sangat penting untuk pembentukan daun dan perkembangan tajuk, karena secara langsung memengaruhi fotosintesis, luas daun, dan alokasi sumber daya. Optimalisasi pemberian nitrogen meningkatkan struktur tajuk, efisiensi fotosintesis, dan produktivitas tanaman secara keseluruhan (Zheng et al., 2025). Sementara itu, aplikasi *trichoderma* menunjukkan respon yang lebih fluktuatif. Pada beberapa kombinasi perlakuan, jumlah daun meningkat dibandingkan kontrol,

namun pada kombinasi lainnya tidak menunjukkan perbedaan yang jelas. Hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh *Trichoderma* terhadap jumlah daun bersifat tidak langsung dan sangat bergantung pada interaksi dengan faktor lain. Peran *trichoderma* dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif dapat dikaitkan dengan kemampuannya dalam meningkatkan efisiensi penyerapan hara serta merangsang pertumbuhan melalui produksi metabolit sekunder (Zin & Badaluddin, 2020). Selain itu, peningkatan kesehatan akar akibat aplikasi *Trichoderma* turut berkontribusi dalam meningkatkan suplai nutrisi yang dibutuhkan untuk pembentukan daun (Soleh et al., 2025). Namun demikian, peningkatan jumlah daun yang diamati tidak selalu menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik yang dapat dilihat pada tabel 1. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya variabilitas antar ulangan serta pengaruh faktor lingkungan mikro yang turut memengaruhi respon tanaman selama periode penelitian.

Tabel 1 Analisis Statistik Pertumbuhan Tanaman

Parameter	Model	R ²	Adj. R ²	F-value	p-value	Keterangan
Tinggi tanaman	T × NPK	0.62	0.54	3.87	0.032	Signifikan
Jumlah daun	T × NPK	0.48	0.37	2.41	0.081	Tidak signifikan
Tinggi tanaman	NPK	0.58	0.52	4.12	0.021	Signifikan
Tinggi tanaman	Trichoderma	0.29	0.21	1.87	0.156	Tidak signifikan
Jumlah daun	NPK	0.44	0.36	2.98	0.067	Tidak signifikan
Jumlah daun	Trichoderma	0.22	0.15	1.54	0.219	Tidak signifikan

Model perlakuan cukup mampu menjelaskan variasi pertumbuhan tanaman, khususnya pada parameter tinggi tanaman. Nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0,62 pada model interaksi mengindikasikan bahwa lebih dari separuh variasi tinggi tanaman dapat dijelaskan oleh kombinasi

perlakuan *Trichoderma* dan pupuk NPK, meskipun masih terdapat pengaruh faktor lain di luar model. Secara parsial, pupuk NPK menunjukkan pengaruh yang lebih dominan dibandingkan *Trichoderma*. Pada parameter tinggi tanaman, NPK berpengaruh signifikan ($p < 0,05$), sedangkan

Trichoderma tidak signifikan. Hal ini konsisten dengan hasil gambar 1 sebelumnya. Sementara itu, pada parameter jumlah daun, nilai R^2 lebih rendah dan tidak signifikan secara statistik ($p > 0,05$), meskipun masih menunjukkan kecenderungan pengaruh biologis, terutama pada perlakuan NPK dan interaksi. Dosis pupuk NPK yang optimal dari penelitian ini sebesar 1 g/bibit. Secara keseluruhan, pupuk NPK merupakan faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan bibit kelapa sawit, khususnya tinggi tanaman, sedangkan *Trichoderma* berperan sebagai faktor pendukung dari pupuk NPK (pupuk anorganik). Hal ini disebabkan karena pupuk anorganik lebih berpengaruh dari pada pupuk organik pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Salamat et al., 2019). Nilai R^2 yang moderat menunjukkan bahwa perlakuan tetap berkontribusi terhadap pertumbuhan, sehingga kombinasi pupuk anorganik dan agen hayati masih berpotensi dikembangkan untuk sistem pembibitan yang lebih berkelanjutan. Oleh karena itu, pendekatan integratif antara pupuk anorganik dan agen hayati memiliki potensi besar untuk dikembangkan dalam sistem pembibitan berkelanjutan, meskipun masih diperlukan optimasi dosis dan kondisi aplikasi agar efek sinergis dapat dimaksimalkan (Purwanto et al., 2025).

KESIMPULAN

Pupuk NPK berperan dominan dan berpengaruh signifikan secara parsial dalam meningkatkan tinggi tanaman bibit kelapa sawit, sedangkan aplikasi *Trichoderma* secara mandiri tidak menunjukkan pengaruh nyata. Meskipun demikian, terdapat interaksi yang signifikan antara kombinasi dosis *Trichoderma* dan pupuk NPK dalam mengoptimalkan tinggi tanaman dengan nilai $R^2 = 0,62$ dan $p = 0,032$. Di sisi lain, interaksi maupun perlakuan tunggal dari kedua bahan tersebut tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap jumlah daun

bibit yang perkembangannya cenderung stabil selama periode pengamatan. Secara keseluruhan, pupuk NPK bertindak sebagai penyedia hara utama untuk pertumbuhan vegetatif awal, sementara *Trichoderma* berfungsi sebagai faktor pendukung biologis yang meningkatkan efisiensi pertumbuhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan masukan selama proses pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik di bidang terkait..

DAFTAR PUSTAKA

- Alizadeh, M., Qaderi, S., Roshanroo, M., Karimzadeh, S., Fazli, M., Saeedi, M., Akhtari, A., & Heidarzadeh, A. (2024). Contouring multifaceted biological activities and applications of trichoderma spp. for managing plant health. *Journal of Crop Health*, 76(3), 561–597. <https://doi.org/10.1007/s10343-024-00976-y>
- Asghar, W., Craven, K. D., Kataoka, R., Mahmood, A., Asghar, N., Raza, T., & Iftikhar, F. (2024). The application of trichoderma spp., an old but new useful fungus, in sustainable soil health intensification: A comprehensive strategy for addressing challenges. *Plant Stress*, 12, 100455. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100455>
- Cuesta, R. L. C., Mattiello, E. M., Castro, G. F. de, Matias, P. C., Monteiro, T. S. A., & Freitas, L. G. de. (2024). Efficiency of phosphate fertilizers containing growth promoters in plant fertilization. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 56, 103019.

- <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103019>
- Edwards, R. B. (2026). Export agriculture and rural poverty: Evidence from Indonesian palm oil. *Journal of International Economics*, 159, 104209. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2025.104209>
- Himawan, T. (2025). Pengaruh beberapa lapisan tanah dan bahan organik terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di main nursery. 3(September), 884–888. <https://eprints.instiperjogja.ac.id/id/eprint/3606/>
- Nurahmi, E., Hidayat, T., & Arfan, M. (2024). Pengaruh media tanam dan dosis pupuk npk terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Agrium*, 21(4), 301–310.
- Ogahara, Z., Jespersen, K., Theilade, I., & Nielsen, M. R. (2022). Review of smallholder palm oil sustainability reveals limited positive impacts and identifies key implementation and knowledge gaps. *Land Use Policy*, 120, 106258. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106258>
- Oktavian, A., Sudradjat, & Supijatno. (2025). Optimization of compound npk fertilizer dosage to enhance the productivity of 11 year old oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) trees (Mature planting year 8). *Australian Journal of Crop Science*, 19(09), 928–933. <https://doi.org/10.21475/ajcs.25.19.09.p25>
- Oya, N., Rusdi, M., Fazlina, Y. D., & Sugianto, S. (2023). Template matching method to determine oil palm trees. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1183(1), 012077. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1183/1/012077>
- Pangaribuan, I. F., Wening, S., Pratiwi, D. R., Mardiana, C., Setiowati, R. D., & Ginting, E. N. (2024). The effect of fertilizer variation doses input on seedlings of several oil palm varieties. *BIO Web of Conferences*, 123, 01013. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202412301013>
- Petkova, M., Shilev, S., Neykova, I., & Angelov, A. (2026). Modulation of sorghum associated fungal communities by trichoderma bioinoculants: insights from ITS amplicon sequencing. *Agronomy*, 16(2), 217. <https://doi.org/10.3390/agronomy16020217>
- Prasetya, B., Tampubolon, B. D., Wahono, D. R., Darmayanti, N. T. E., Kristiningrum, E., Mulyono, A. B., Aliyah, N., Isharyadi, F., Ayuningtyas, U., Wulansari, N., & Susmiarni, R. D. (2025). The role of traceability of standardized palm oil seed for strengthening smallholder plantation in indonesia. *Journal of Ecohumanism*, 4(1). <https://doi.org/10.62754/joe.v4i1.6385>
- Purwanto, B., Shalihy, W., & Indrawati, I. (2025). Effect of npk fertilizer and trichoderma harzianum-enriched oil palm empty fruit bunch compost on the growth of oil palm seedlings. *Agro Bali : Agricultural Journal*, 8(2), 407–421. <https://doi.org/10.37637/ab.v8i2.2356>
- Ren, L., Lv, J., Zhang, F., Dou, B., Li, L., Wang, Y., & Zhang, Y. (2025). Integrated fertilization with organic manure and trichoderma enhances wheat productivity and soil nutrient availability. *Frontiers in Plant Science*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1687216>
- Salamat, S. S., Hassan, M. A., Shirai, Y., Mohd Hanif, A. H., Arifin, I., & Norizan, M. S. (2019). Application of compost in mixed media improved oil palm nursery's

- secondary root structure thereby reducing the fertilizer requirement for growth. *Asia Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, 39–49. <https://doi.org/10.35118/apjmbb.2019.027.3.05>
- Sani, M. N. H., Hasan, M., Uddain, J., & Subramaniam, S. (2020). Impact of application of trichoderma and biochar on growth, productivity and nutritional quality of tomato under reduced n-p-k fertilization. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1), 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2020.06.003>
- Sari, R. P. K., Utoyo, B., Usodri, K. S., & Gusta, A. R. (2026). *Application of urea and biological fertilizer on double tone oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) seedling growth in main nursery*. 020023. <https://doi.org/10.1063/5.0307602>
- Silva, L. G., Camargo, R. C., Mascarin, G. M., Nunes, P. S. de O., Dunlap, C., & Bettiol, W. (2022). Dual functionality of trichoderma: biocontrol of sclerotinia sclerotiorum and biostimulant of cotton plants. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.983127>
- Singh, B. N., Dwivedi, P., Sarma, B. K., Singh, G. S., & Singh, H. B. (2019). A novel function of n-signaling in plants with special reference to trichoderma interaction influencing plant growth, nitrogen use efficiency, and cross talk with plant hormones. *3 Biotech*, 9(3), 109. <https://doi.org/10.1007/s13205-019-1638-3>
- Soleh, M. A., Anjarsari, I. R. D., & Farisa, A. D. (2025). Optimizing growth performance of Robusta coffee seedlings through liquid Trichoderma application. *Research on Crops*, 1 (MARCH) 2025). <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2025.ROC-1178>
- Sun, J., Wang, M., Lyu, M., Niklas, K. J., Zhong, Q., Li, M., & Cheng, D. (2019). Stem diameter (and Not Length) limits twig leaf biomass. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00185>
- Xu, J., Li, Y., & Li, L. (2025). A comprehensive review of the effects of organic amendments on soil health and fertility: mechanisms, greenhouse gas emissions, and implications for sustainable agriculture. *Agronomy*, 15(12), 2705. <https://doi.org/10.3390/agronomy15122705>
- Yan, K., Zhu, M., Su, H., Liu, X., Li, S., Zhi, Y., Li, Y., & Zhang, J. (2024). Trichoderma asperellum boosts nitrogen accumulation and photosynthetic capacity of wolfberry (*Lycium chinense*) under saline soil stress. *Tree Physiology*, 44(1). <https://doi.org/10.1093/treephys/tpad148>
- Zheng, H., Noor, H., Lin, C., Feng, Y., Luo, Z., Hou, Y., Seleiman, M. F., & Noor, F. (2025). Agrochemical nitrogen cycles, photosynthesis performance of nitrogen use efficiency, and yield of maize. *Atmosphere*, 16(4), 373. <https://doi.org/10.3390/atmos16040373>
- Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. (2020). Biological functions of trichoderma spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168–178. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2020.09.003>