



**Respon Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Di Main Nursery Terhadap Pemupukan Nanokompos Limbah Padat Sawit dan Pengurangan Dosis Pupuk Anorganik Pada Dua Jenis Tanah**

***Growth Response Of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq) Seedlings In The Main Nursery To Fertilization Of Oil Palm Solid Waste Nanocompost and Reduction Of Inorganic Fertilizer Dose On Two Types Of Soil***

Muhammad Salman Al Farisi Rosyadi<sup>1</sup>, Nurhidayati<sup>2\*</sup>, Siti Muslikah<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Malang  
Jl. MT.Haryono No. 193 Malang 65144, Jawa Timur, Indonesia

\*Korespondensi: [muhammadsalmanalfarisir@gmail.com](mailto:muhammadsalmanalfarisir@gmail.com)

**ABSTRACT**

This study aimed to examine the growth response of oil palm seedlings (*Elaeis guineensis* Jacq.) in the main nursery stage to the application of palm solid waste nanocompost (empty fruit bunch and solid decanter) combined with reduced inorganic fertilizer doses on two soil types (Ultisol and Inceptisol). The experiment used a Factorial Randomized Block Design (FRBD) with two factors: soil type (Ultisol and Inceptisol) and fertilization treatment (control, 100% inorganic, 100% nanocompost, 50% nanocompost + 50% inorganic, and 75% nanocompost + 25% inorganic), with five replications and three plants per replication, totaling 150 plants. Parameters observed included plant height, stem diameter, frond number, leaf area, frond length, chlorophyll content, total fresh weight, and total dry weight. Results showed a significant interaction between soil type and fertilization on several growth parameters. On Ultisol, the combination of 75% nanocompost + 25% inorganic fertilizer (T4) produced the best growth. On Inceptisol, 100% nanocompost treatment was comparable to the T4 combination. The application of palm solid waste nanocompost enriched with ZnO and SiO<sub>2</sub> nanoparticles was able to reduce inorganic fertilizer use by up to 75% while maintaining optimal vegetative growth of oil palm seedlings.

**Keywords:** *oil palm, nanocompost, Ultisol, Inceptisol*

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji respon pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada fase *main nursery* terhadap pemupukan nanokompos berbasis limbah padat sawit (tandan kosong kelapa sawit dan solid decanter) yang dikombinasikan dengan pengurangan dosis pupuk anorganik pada dua jenis tanah (Ultisol dan Inceptisol). Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dua faktor, yaitu jenis tanah (Ultisol dan Inceptisol) dan macam pemupukan (kontrol, 100% anorganik, 100% nanokompos, 50% nanokompos + 50% anorganik, dan 75% nanokompos + 25% anorganik), diulang lima kali dengan tiga sampel tanaman per ulangan, sehingga diperoleh 150 tanaman. Parameter yang



diamati meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah pelepah, luas daun, panjang pelepah, kandungan klorofil, bobot segar total, dan bobot kering total. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh interaksi nyata antara jenis tanah dan macam pemupukan terhadap beberapa parameter pertumbuhan. Pada tanah Ultisol, perlakuan kombinasi 75% nanokompos + 25% pupuk anorganik (T4) menghasilkan pertumbuhan terbaik. Pada tanah Inceptisol, perlakuan 100% nanokompos memberikan hasil yang setara dengan kombinasi T4. Aplikasi nanokompos limbah padat sawit yang diperkaya nanopartikel ZnO dan SiO<sub>2</sub> mampu mengurangi penggunaan pupuk anorganik hingga 75% dengan tetap mendukung pertumbuhan vegetatif bibit kelapa sawit secara optimal.

**Kata kunci:** kelapa sawit,, nanokompos, Ultisol, Inceptisol.

## PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan strategis dan penghasil minyak nabati terbesar di dunia (Xin *et al.*, 2022). Luas perkebunan kelapa sawit nasional pada tahun 2024 diperkirakan mencapai lebih dari 16 juta hektar dengan produksi *Crude Palm Oil* (CPO) melebihi 45 juta ton per tahun (BPS, 2024). Keberhasilan pengembangan kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh kualitas bibit yang dihasilkan pada fase *main nursery*, karena fase ini menentukan pertumbuhan awal, produktivitas, dan umur ekonomis tanaman di lapangan (Woittiez *et al.*, 2017; Supriatna *et al.*, 2023).

Pupuk anorganik seperti NPK banyak digunakan karena mampu meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, luas daun, dan bobot kering bibit, namun penggunaan yang intensif dapat menurunkan kualitas tanah dan mencemari lingkungan (Dini *et al.*, 2025). Namun, penggunaan pupuk anorganik secara intensif dapat menurunkan kualitas tanah dan berpotensi mencemari lingkungan, sehingga diperlukan alternatif pemupukan yang lebih berkelanjutan.

Limbah padat industri kelapa sawit berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan solid decanter dihasilkan dalam jumlah besar, yaitu sekitar 22–23% TKKS dan 3–5% dari setiap ton tandan buah segar yang diolah (Sitanggang *et al.*, 2021). Limbah tersebut berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik berbasis nanoteknologi. Pupuk nano berukuran 1–100 nm sehingga meningkatkan luas permukaan kontak dengan akar dan memudahkan penyerapan unsur hara (Yadav *et al.*, 2023). Qur'ania *et al.* (2026) melaporkan bahwa aplikasi nanokompos berbahan TKKS mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit di *main nursery* pada tanah Inceptisol.

Respon tanaman terhadap pemupukan juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik jenis tanah sebagai media tumbuh. Tanah Ultisol bersifat masam dan memiliki kandungan aluminium tinggi yang dapat memfiksasi fosfor, sedangkan Inceptisol di daerah tropis umumnya mengalami kekurangan unsur hara makro akibat pencucian (Andalusia *et al.*, 2016). Perbedaan karakteristik kedua jenis tanah tersebut dapat menyebabkan respon tanaman terhadap pemupukan menjadi berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji interaksi antara macam pemupukan



nanokompos limbah padat sawit dengan pengurangan dosis pupuk anorganik dan jenis tanah berbeda terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit pada fase *main nursery*.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di *greenhouse* Dusun Jewo, Desa Sengonagung, Kecamatan Purwosari, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, pada bulan Maret hingga Oktober 2025. Lokasi penelitian berada pada ketinggian  $\pm 350$  mdpl.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *polybag*, cangkul, ember, sekop, terpal, karung, penggaris, timbangan digital, gelas ukur, selang air, *sprayer*, penggiling tanah, jangka sorong, soil tester, dan SPAD. Bahan yang digunakan dalam penelitian, yaitu bibit sawit umur 5 bulan, Tandan Kosong Kelapa Sawit, *Solid decanter*, Nanopartikel ZnO dan SiO<sub>2</sub>, Pupuk NPK 15-15-6-4, Pupuk NPK 12-12-17-2, Pupuk Kieserite, Tanah Ultisol, Tanah Inceptisol, Air, Pestisida dan Fungisida kimia.

Nanokompos diaplikasikan 2 hari sebelum tanam dengan cara dicampur ke dalam media pada kedalaman  $\pm 20$  cm. Bibit tanaman kelapa sawit varietas Sriwijaya berumur 5 bulan dipindahkan ke dalam *polybag* berisi media tanam. Penempatan dilakukan dengan jarak antar tanaman dalam perlakuan sebesar 20 cm dan jarak antar ulangan sebesar 40 cm. Pemupukan anorganik menggunakan pupuk majemuk NPK 15-15-6-4 dan NPK 12-12-17-2, serta kieserit, diberikan setiap 2 minggu sekali mulai umur 21 minggu hingga 48 minggu sesuai dosis dan jadwal yang telah ditetapkan. Penyiraman dilakukan 2 kali sehari (1 liter/*polybag*), dan pengendalian hama penyakit dilakukan sesuai kebutuhan.

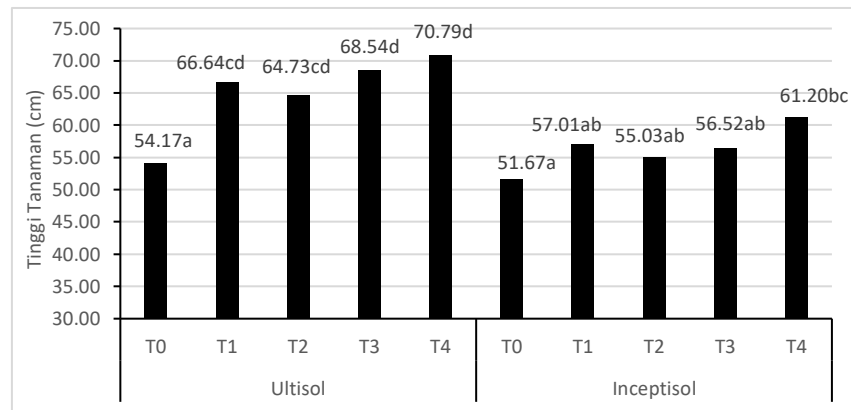
Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah jenis tanah, yaitu S1 (Tanah Ultisol) dan S2 (Tanah Inceptisol). Faktor kedua adalah dosis kombinasi macam pemupukan, terdiri dari T0 (tanpa pemupukan), T1 (100% pupuk anorganik), T2 (100% nanokompos), T3 (50% nanokompos + 50% pupuk anorganik), dan T4 (75% nanokompos + 25% pupuk anorganik). Terdapat 10 kombinasi perlakuan dengan 5 ulangan dan 3 sampel per ulangan, sehingga total populasi 150 tanaman.

Pengamatan dilakukan mulai 1 bulan setelah tanam (BST) dengan interval satu bulan sebanyak tujuh kali pengamatan. Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman (cm), diameter batang (cm), jumlah pelepah (helai), luas daun (cm<sup>2</sup>) menggunakan rumus  $LD = p \times l \times n \times fk$ , panjang pelepah (cm), kandungan klorofil daun menggunakan SPAD meter, bobot segar total (g), dan bobot kering total (g). Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) uji F pada taraf 5%. Apabila terdapat pengaruh nyata dilanjutkan dengan uji BNJ taraf 5% untuk membedakan antar perlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

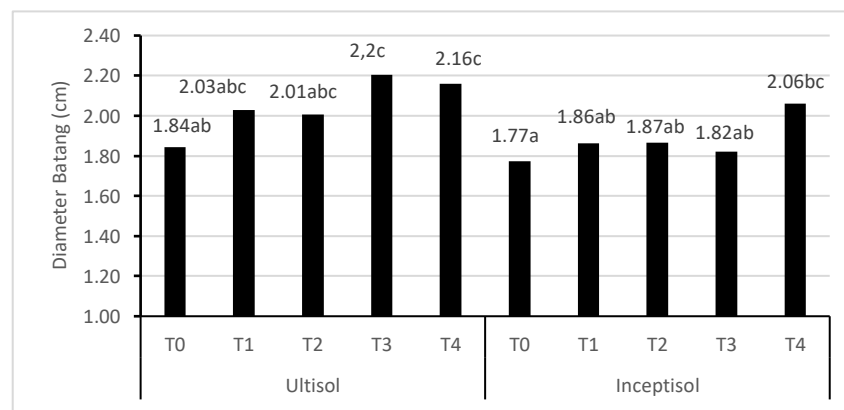
### Interaksi Kedua Jenis Tanah dan Macam Pemupukan

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang, luas daun, panjang pelepah, klorofil daun, bobot segar total dan bobot kering total pada beberapa umur pengamatan. Namun, pada variabel jumlah pelepah tidak menunjukkan adanya interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan pada semua umur pengamatan.



Gambar 1. Rata-rata Tinggi Bibit Kelapa Sawit pada Interaksi Jenis Tanah dan Macam Pemupukan pada Umur Tanaman 7 bst (Nilai BNJ 5% = 6,38).

Interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi bibit tanaman kelapa sawit (Gambar 1) umur 7 BST menunjukkan bahwa pada tanah Ultisol perlakuan T1, T2, T3 dan T4 menghasilkan rata-rata tinggi bibit tanaman kelapa sawit yang lebih tinggi secara statistik. Sedangkan pada tanah Inceptisol, perlakuan T4 memberikan tinggi tanaman yang lebih tinggi. Perbedaan tinggi tanaman pada masing-masing perlakuan diduga disebabkan oleh peningkatan ketersediaan unsur hara terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang berperan penting dalam proses pembelahan dan pemanjangan sel (Dini *et al.*, 2025).



Gambar 2. Rata-rata Diameter Batang Bibit Kelapa Sawit pada Interaksi Jenis Tanah dan Macam Pemupukan pada Umur Tanaman 4 bst (Nilai BNJ 5% = 0,26).



Interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan memberikan pengaruh nyata terhadap diameter batang (Gambar 2) umur 4 BST secara umum menunjukkan bahwa pada tanah ultisol perlakuan T1, T2, T3 dan T4 menghasilkan rata-rata diameter batang bibit tanaman kelapa sawit yang lebih besar secara statistik. Sedangkan pada tanah inceptisol, perlakuan T4 memberikan diameter batang yang lebih besar. Peningkatan diameter batang pada perlakuan tertentu dipengaruhi oleh kecukupan unsur kalium (K) dan fosfor (P) yang berperan dalam pembentukan jaringan struktural dan penguatan batang (Suprianto *et al.*, 2025).

Tabel 1. Rata-rata Pertumbuhan Luas Daun Bibit Tanaman Kelapa Sawit pada Interaksi Jenis Tanah dan Macam Pemupukan pada Berbagai Umur Tanaman

| Interaksi | Rata-rata Luas Daun (cm <sup>2</sup> ) pada Umur (bst) |          |             |
|-----------|--------------------------------------------------------|----------|-------------|
|           | 4 bst                                                  | 5 bst    | 6 bst       |
| S1T0      | 948,28a                                                | 3542,77b | 1115,40a    |
| S1T1      | 1897,74d                                               | 4625,98b | 3140,90cde  |
| S1T2      | 1671,25bcd                                             | 4398,85b | 3359,88def  |
| S1T3      | 1877,46d                                               | 7752,15c | 4358,67f    |
| S1T4      | 1822,40cd                                              | 6793,20c | 4299,41ef   |
| S2T0      | 819,11a                                                | 751,09a  | 1327,20a    |
| S2T1      | 962,39a                                                | 912,23a  | 1699,85ab   |
| S2T2      | 980,60a                                                | 1115,22a | 2121,25abc  |
| S2T3      | 1229,41ab                                              | 1529,38a | 2281,69abcd |
| S2T4      | 1308,05abc                                             | 1435,23a | 2730,73bcd  |
| BNJ 5%    | 520,601                                                | 1233,055 | 1211,725    |

Keterangan : Angka yang di dampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5 %. BNJ : Beda Nyata Jujur. Bst : Bulan Setelah Tanam.

Interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan memberikan pengaruh nyata terhadap luas daun (Tabel 1) umur 4-6 BST, secara umum menunjukkan bahwa tanah Ultisol, perlakuan S1T1 dan S1T3 cenderung menghasilkan luas daun bibit tanaman kelapa sawit yang lebih besar namun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan S1T4 dan S1T2, namun berbeda nyata dengan perlakuan tanah Inceptisol S2T4, S2T3, S2T2 dan S2T1. Luas daun yang lebih tinggi pada perlakuan nanokompos dan kombinasi pupuk diduga disebabkan oleh meningkatnya ketersediaan nitrogen dan magnesium yang berperan dalam pembentukan klorofil serta aktivitas fotosintesis (Wahyuningsih *et al.*, 2025).



Tabel 1. Rata-rata Pertumbuhan Panjang Pelepah Tanaman Kelapa Sawit pada Interaksi Jenis Tanah dan Macam Pemupukan pada Berbagai Umur Tanaman.

| Interaksi | Rata-rata Panjang Pelepah (cm) pada Umur (bst) |          |
|-----------|------------------------------------------------|----------|
|           | 5 bst                                          | 7 bst    |
| S1T0      | 26,21ab                                        | 28,94ab  |
| S1T1      | 27,97ab                                        | 31,44bcd |
| S1T2      | 28,86bc                                        | 33,06de  |
| S1T3      | 28,66ab                                        | 32,83cde |
| S1T4      | 31,82c                                         | 35,54e   |
| S2T0      | 25,99ab                                        | 28,02a   |
| S2T1      | 25,69a                                         | 30,16abc |
| S2T2      | 27,15ab                                        | 29,86ab  |
| S2T3      | 25,70a                                         | 28,39a   |
| S2T4      | 26,93ab                                        | 29,89ab  |
| BNJ 5%    | 3,020                                          | 2,863    |

Keterangan : Angka yang di dampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5 %. BNJ : Beda Nyata Jujur. Bst : Bulan Setelah Tanam.

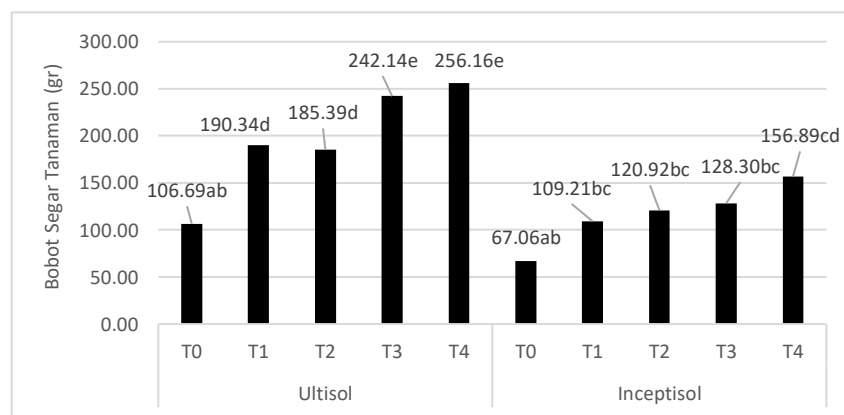
Interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan memberikan pengaruh nyata terhadap panjang pelepah (Tabel 2) umur 5 dan 7 BST secara umum menunjukkan bahwa tanah Ultisol, perlakuan tanah Ultisol S1T4 cenderung menghasilkan panjang pelepah bibit tanaman kelapa sawit yang lebih tinggi namun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan S1T3 dan S1T2, namun berbeda nyata dengan perlakuan S1T1, S2T4, pada tanah Inceptisol S2T3, S2T2 dan S2T1. Panjang pelepah yang lebih tinggi pada perlakuan tertentu diduga disebabkan oleh ketersediaan unsur hara makro yang cukup, terutama nitrogen yang berperan dalam pertumbuhan vegetatif dan pemanjangan sel. Selain itu, keberadaan silikon (Si) dari nanopartikel SiO<sub>2</sub> juga berkontribusi dalam memperkuat jaringan tanaman dan meningkatkan efisiensi fotosintesis (Reyes-Pérez *et al.*, 2025; Pratiwi *et al.*, 2025).

Tabel 2. Rata-rata Pertumbuhan Klorofil Bibit Tanaman Kelapa Sawit pada Interaksi Jenis Tanah dan Macam Pemupukan pada Berbagai Umur Tanaman

| Interaksi | Rata-rata Klorofil (SPAD) pada Umur (bst) |         |
|-----------|-------------------------------------------|---------|
|           | 5 bst                                     | 6 bst   |
| S1T0      | 65,18bcd                                  | 65,80bc |
| S1T1      | 73,05cd                                   | 73,68d  |
| S1T2      | 70,47cd                                   | 73,71d  |
| S1T3      | 73,74d                                    | 75,46d  |
| S1T4      | 70,58cd                                   | 72,57cd |
| S2T0      | 53,78a                                    | 53,54a  |
| S2T1      | 64,28bc                                   | 62,65b  |
| S2T2      | 57,47ab                                   | 54,65a  |
| S2T3      | 70,28cd                                   | 70,63cd |
| S2T4      | 69,25cd                                   | 67,72bc |
| BNJ 5%    | 9,225                                     | 7,671   |

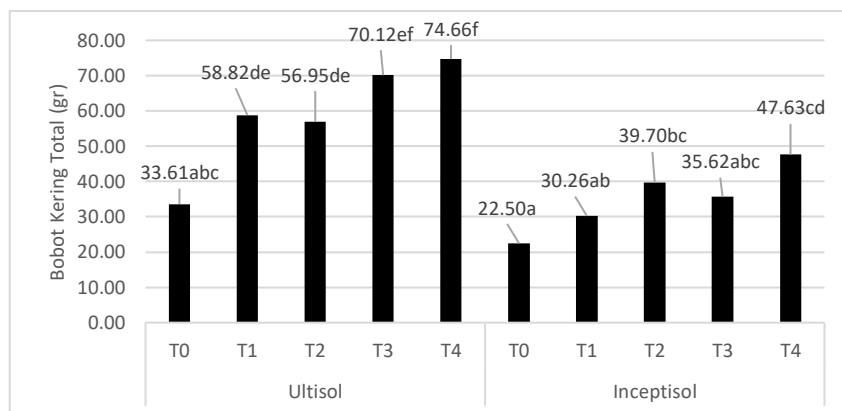
Keterangan : Angka yang di dampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5 %. BNJ : Beda Nyata Jujur. Bst : Bulan Setelah Tanam.

Interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan memberikan pengaruh nyata terhadap klorofil daun (Tabel 3) umur 5 dan 6 bst secara umum menunjukkan bahwa, perlakuan pada tanah Ultisol S1T3 cenderung menghasilkan kandungan klorofil daun yang lebih baik namun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan S1T4, S1T2, S1T1, S1T0, (tanah Inceptisol) S2T4, dan S2T3, namun berbeda nyata dengan perlakuan pada tanah Inceptisol S2T2, S2T1 dan S2T0. Peningkatan kandungan klorofil pada perlakuan tertentu erat kaitannya dengan ketersediaan nitrogen dan magnesium yang merupakan komponen utama dalam pembentukan klorofil. Selain itu, unsur mikro seperti Zn dari nanopartikel ZnO berperan sebagai kofaktor enzim dalam sintesis klorofil dan aktivitas fotosintesis (Ojewumi *et al.*, 2025).



Gambar 3. Rata-rata Bobot Segar Total Bibit Tanaman Kelapa Sawit pada Interaksi Jenis Tanah dan Macam Pemupukan pada Umur Tanaman 7 bst (Nilai BNJ 5% = 43,26).

Interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan memberikan pengaruh nyata terhadap bobot segar total (gambar 3) umur 7 BST secara umum menunjukkan bahwa pada tanah Ultisol perlakuan T4 dan T3 menghasilkan rata-rata bobot segar total bibit tanaman kelapa sawit yang lebih tinggi secara statistik. Sedangkan pada tanah Inceptisol, perlakuan T4 memberikan bobot segar total bibit tanaman yang tertinggi. Hal ini disebabkan oleh peningkatan efisiensi fotosintesis dan penyerapan hara yang optimal sehingga menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik. Bobot segar total yang lebih tinggi pada perlakuan kombinasi nanokompos dan pupuk anorganik menunjukkan adanya peningkatan akumulasi biomassa tanaman. Qur'ania *et al.*, (2026) menyatakan bahwa nano kompos berbasis TKKS yang dikombinasikan dengan pengurangan dosis pupuk anorganik mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit secara signifikan pada fase *main nursery*, yang ditunjukkan oleh peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa bibit.



Gambar 4. Rata-rata Bobot Kering Total Bibit Tanaman Kelapa Sawit pada Interaksi Jenis Tanah dan Macam pemupukan pada Umur Tanaman 7 bst (Nilai BNJ 5% = 14,37).

Interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan memberikan pengaruh nyata terhadap bobot kering total (Gambar 4) umur 7 BST secara umum menunjukkan bahwa pada tanah ultisol, perlakuan T4 dan T3 menghasilkan rata-rata bobot kering total bibit tanaman kelapa sawit yang lebih tinggi secara statistik. Sedangkan pada tanah inceptisol, perlakuan T4 memberikan bobot kering total bibit tanaman yang tertinggi. Bobot kering total mencerminkan hasil akhir dari akumulasi fotosintat dalam tanaman. Peningkatan bobot kering pada perlakuan tertentu menunjukkan bahwa proses fotosintesis berlangsung lebih efektif dan hasil asimilasi tersimpan dalam bentuk biomassa kering (Sihaloho, *et al.*, 2026).

Berbeda dengan variabel lainnya, tidak adanya interaksi nyata pada jumlah pelepah. Hal ini mengindikasikan bahwa pembentukan daun pada fase *main nursery* lebih dominan dipengaruhi oleh faktor genetika dan usia bibit daripada kombinasi media tanam serta pemupukan dalam jangka pendek. Idris and Mayerni (2020) menjelaskan bahwa produksi pelepah kelapa sawit pada fase awal pertumbuhan bersifat relatif stabil dan lebih dipengaruhi oleh ritme pertumbuhan tanaman, sementara nutrisi lebih berperan pada ukuran daun, panjang pelepah dan akumulasi biomassa. Dengan demikian, meskipun pemupukan meningkatkan ukuran dan kualitas daun, jumlah pelepah tidak meningkat secara signifikan akibat perlakuan kombinasi.

### Pengaruh Kedua Jenis Tanah

Jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit, di mana tanah Ultisol (S1) memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan Inceptisol (S2). Meskipun Ultisol dikenal memiliki kendala keasaman, pemberian nanokompos terbukti efektif memperbaiki sifat kimia tanah tersebut dengan meningkatkan nilai pH dan Kapasitas Tukar Kation (KTK). Perbaikan ini menciptakan lingkungan perakaran yang ideal bagi penyerapan unsur hara secara maksimal (Nurhidayati *et al.*, 2023). Sebaliknya, tanah Inceptisol yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bagian *subsoil* atau tanah dengan tingkat perkembangan yang masih muda. Kondisi tersebut menyebabkan kapasitas retensi (penyimpanan) hara menjadi lebih terbatas. Akibatnya, meskipun diberikan



perlakuan pupuk yang sama, efisiensi penyerapan hara pada Inceptisol belum mampu menandingi performa pada tanah Ultisol (Rambe, 2019).

### **Pengaruh Kombinasi Nanokompos (TKS dan *Solid Decanter*) dan Pupuk Anorganik**

Macam pemupukan kombinasi nanokompos dan pupuk anorganik perlakuan T3 dan T4 menghasilkan pertumbuhan yang lebih optimal dibandingkan perlakuan tanpa pemupukan (T0). Keunggulan ini tercipta dari efek sinergi antara pupuk anorganik yang bersifat cepat tersedia (*fast-release*) dan nanokompos yang bersifat *slow-release* sekaligus sebagai pembenah tanah. Ukuran partikel nano yang sangat kecil memudahkan akar menyerap nutrisi secara lebih efisien (Sinaga *et al.*, 2024). Pada variabel tinggi tanaman dan diameter batang, kombinasi T4 mengungguli penggunaan pupuk anorganik tunggal maupun nanokompos tunggal. Integrasi ini menjamin ketersediaan hara baik secara instan maupun berkelanjutan. Menurut Suprianto *et al.* (2025) kombinasi pupuk organik dan anorganik mampu meningkatkan efisiensi serapan N,P dan K serta memperbaiki kondisi media tumbuh. Sementara itu, pada parameter luas daun dan panjang pelepah, peningkatan bahan organik tanah memicu aktivitas mikroorganisme dalam proses mineralisasi hara, yang mendukung perkembangan tajuk tanaman secara optimal (Lau *et al.*, 2024). Kandungan klorofil tertinggi pada perlakuan T4 juga menunjukkan bahwa keseimbangan hara makro dan mikro sangat berperan dalam pembentukan klorofil. Wahyuningsih *et al.* (2025) menyatakan bahwa pemupukan berbasis Mg dan bahan organik mampu meningkatkan kandungan klorofil dan efisiensi fotosintesis tanaman.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Terdapat interaksi nyata antara jenis tanah dan kombinasi pemupukan terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di fase main nursery. Perlakuan 75% nanokompos + 25% pupuk anorganik memberikan hasil terbaik pada tanah Ultisol, sedangkan pada tanah Inceptisol, 100% nanokompos memberikan hasil yang setara. Aplikasi nanokompos limbah padat sawit yang diperkaya nanopartikel mampu mengurangi penggunaan pupuk anorganik hingga 75% tanpa menurunkan pertumbuhan tanaman. Penggunaan kombinasi 75% nanokompos + 25% pupuk anorganik direkomendasikan sebagai alternatif pemupukan yang efisien dan berkelanjutan. Penelitian lanjutan perlu dilakukan pada skala lapangan dan berbagai kondisi tanah untuk memperkuat rekomendasi aplikasi.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang yang telah menyediakan fasilitas selama pelaksanaan penelitian ini, serta kepada dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan hingga penyusunan jurnal ini



selesai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andalusia, B., Z. Zainabun, and T. Arabia. 2016. Karakteristik tanah ordo ultisol di perkebunan kelapa sawit PT. Perkebunan Nusantara I (Persero) Cot Girek Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Kawista Agroteknologi*. 1(1): 45-49.
- Badan Pusat Statistika (BPS). 2024. Statistik tanaman perkebunan tahunan Indonesia.
- Dini, I. R., A. Effendi, and E. Ariani. 2025. Optimizing oil palm seedling growth (*Elaeis guineensis* Jacq.) in the main nursery using npk fertilizer and mycorrhizal biofertilizer. *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (JUATIKA)*. 7(1): 82-90.
- Idris, I., and R. Mayerni. 2020. Karakterisasi morfologi tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di kebun binaan PPKS Kabupaten Dharmasraya. *Jurnal Riset Perkebunan*. 1(1): 45-53.
- Lau, G. W., P.J.H. King, J.K. Chubo, I.C. King, K.H. Ong, Z. Ismail, T. Robin, and I.H. Shamsi. 2024. The potential benefits of palm oil waste-derived compost in embracing the circular economy. *Agronomy*. 14(11):2517-2536.
- Nurhidayati, A. Basit, S. I. Tito, and N. U. S. Rahmawati. 2023. Peluang prospek teknologi nano dalam sistem pertanian Indonesia. Unisma Press. Malang. 174 hlm.
- Ojewumi, A. W., O.L. Osifeko, O.M. Keshinro, I.M. Osundinakin, R. Tope-Akinyetun, A.S. Ayoola, and A.B. Ojekale. 2025. Growth and production of water-stress indicators modified by zinc oxide nanoparticles as nanofertilizers under water-regulated conditions on tomatoes (*Solanum Lycopersicum* L.). *Plant Nano Biology*. 100168.
- Pratiwi, A. A. E. C., N. Nurhidayati, and A. Sholihah. 2025. Aplikasi nano kompos, nano partikel ZnO dan SiO<sub>2</sub> pada pertumbuhan bibit (*Main Nursery*) tanaman sawit: Pembibitan, nanokompos, nanopartikel, *Folium : Jurnal Ilmu Pertanian*. 9(2): 68–78.
- Qur'ania, A., N. Nurhidayati, S. Gunawan, S.I. Tito, E. Rahayu, and A. Basit. 2026. Growth responses of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings to efb-derived nanocompost and npk fertilizer combinations in inceptisol under main nursery conditions. In *BIO Web of Conferences*. 209: 02003. EDP Sciences.
- Rambe, T. R. 2019. Pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq) pada medium ultisol yang diaplikasi kompos mucuna bracteata. *Dinamika pertanian*. 35(3): 125-134.



- Reyes-Pérez, J. J., L.T. Llerena-Ramos, J.A. Torres-Rodríguez, W. Tezara, J.L. García-Hernández, P. Preciado-Rangel, and B. Espinosa-Palomeque. 2025. Silicon dioxide nanoparticles a strategy to improve the growth, physiology, yield, and nutraceutical quality of tomatoes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 53(2): 14446-14456.
- Sihaloho, O., F. Sinaga, B. F. Sinaga, I. Taulani, D. Anggara, and H. Gunawan. 2026. Hubungan indeks luas daun terhadap efektivitas fotosintesis. *Jurnal pertanian agros*. 28(1): 97-102.
- Sinaga, I., A. Umami, and N.M.T. Aryanti. 2024. Kajian aplikasi plant growth promoting rhizobacteria dengan suplementasi nanosilika pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) di main nursery. *Agrivet*. 30(1): 10-15.
- Sitanggang, F. S. D., Marheni, and J. Ginting. 2021. The contents availability of n, p,k, and mg in empty fruit composting of oil palms with symbiont bacteria from rhinoceros beetle larvae (*Oryctes rhinoceros*) (Coleoptera: Scarabidae). *Food Research*. 5(4):62–66.
- Suprianto, A. A., A. Alridiwersah, M.S. Siregar, and D.M. Tarigan. 2024. Optimasi pertumbuhan bibit kelapa sawit di main nursery melalui pemanfaatan biochar sekam padi dan pupuk npk pada tanah dengan kandungan nitrogen yang rendah. *Jurnal Pertanian Agros*. 26(1): 5428-5437.
- Supriatna, J., M.R. Setiawati, R. Sudirja, C. Suherman, and X. Bonneau. 2023. Migration from inorganic to organic fertilization for a more sustainable oil palm agro-industry. *Heliyon*. 9(12): 1-17.
- Wahyuningsih, A., D. Sugiono, and Y.S. Rahayu. 2025. Respon pemberian dosis pupuk kieserite terhadap karakter fisiologis bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) varietas yangambi dan dumpy pada fase main nursery. *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*. 10(1): 52-60.
- Woittiez, L. S., M.T. Van Wijk, M. Slingerland, M. Van Noordwijk, and K.E. Giller. 2017. Yield gaps in oil palm: A quantitative review of contributing factors. *European Journal of Agronomy*. 83: 57–77.
- Xin, Y., L. Sun, and M.C. Hansen. 2022. Oil palm reconciliation in Indonesia: Balancing rising demand and environmental conservation towards 2050. *Journal of Cleaner Production*. 380:135087.
- Yadav, A., K. Yadav., and K. A, Abd-Elsalam. 2023. Nanofertilizers: types, delivery and advantages in agricultural sustainability. *Agrochemicals*. 2(2), 296-336.