

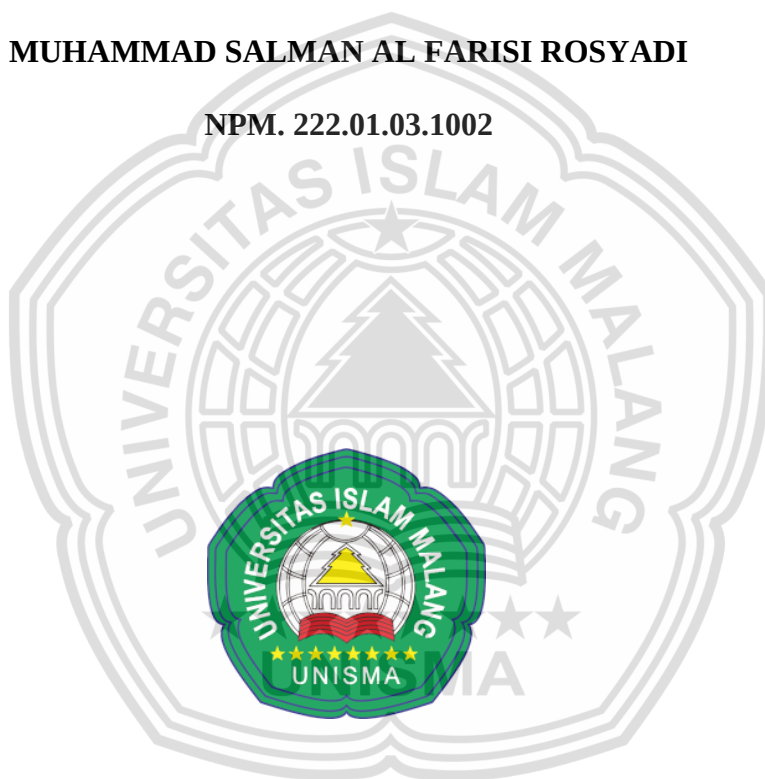
RESPON PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) DI MAIN NURSERY TERHADAP PEMUPUKAN NANOKOMPOS LIMBAH PADAT SAWIT DAN PENGURANGAN DOSIS PUPUK ANORGANIK PADA DUA JENIS TANAH

SKRIPSI

Oleh:

MUHAMMAD SALMAN AL FARISI ROSYADI

NPM. 222.01.03.1002



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2026**

**RESPON PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis*
Jacq) DI MAIN NURSERY TERHADAP PEMUPUKAN NANO KOMPOS
LIMBAH PADAT SAWIT DAN PENGURANGAN DOSIS PUPUK
ANORGANIK**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pertanian Strata

Satu (S1)

Oleh:

MUHAMMAD SALMAN AL FARISI ROSYADI

NPM. 222.01.03.1002



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : 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

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD SALMAN AL FARISI ROSYADI

NPM : 22201031002

Program Studi : AGROTEKNOLOGI

Menyetujui

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua



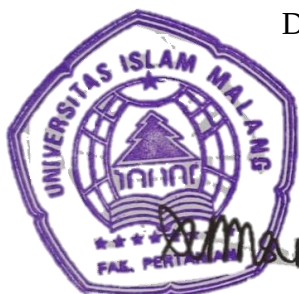
Prof. Dr. Ir. Nurhidayati, M.P.



Ir. Siti Muslikah, M.P.

Mengesahkan

Dekan



Dr. Ir. Anis Rosyidah, M.P.

Menyetujui

Ketua Program Studi



Anita Qur'ania, S.P., M. Ling

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : 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

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD SALMAN AL FARISI ROSYADI

NPM : 22201031002

Program Studi : AGROTEKNOLOGI

Mengesahkan

Majelis Penguji



Dr. Ir. Djuhari, M.Si.

Ketua



Prof. Dr. Ir. Nurhidayati, MP.

Anggota



Ir. Siti Muslikah, M.P.

Anggota

PERNYATAAN KEASLIAN PENULIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Salman Al Farisi Rosyadi

NPM : 22201031002

Prodi : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian Universitas Islam Malang

Judul : 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 PUPUK ANORGANIK PADA DUA JENIS TANAH

Merupakan karya yang saya buat sendiri dan bukan merupakan bagian skripsi lain, apabila ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar, saya sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Islam Malang.

Malang, 20 Februari 2026



Muhammad Salman Al Farisi Rosyadi

NIM : 22201031002

MOTTO

**Seperti di tribun, aku tidak pernah pulang sebelum perjuangan selesai
“skripsi ini harus menang”.**



PERSEMBAHAN

Puji syukur selalu terpanjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Saya tidak akan menyusun skripsi dengan mudah dan lancar apabila tidak ada bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini izinkan saya untuk mempersembahkan ucapan terima kasih kepada Bapak Imron Rosyadi, Ibu Umi Narsih selaku orang tua saya dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dalam bentuk apapun serta memberika nasihat tentang kehidupan saya.



RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kabupaten Sidoarjo, pada tanggal 11 November 2001 sebagai putra kedua dari pasangan Ayah Imron Rosyadi dan Ibu Umi Narsih. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Muhammadiyah 1 Krian, Kec. Krian, Kab. Sidoarjo pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama di SMP Walisongo Pacet, Kec. Pacet, Kab. Mojokerto lulus tahun 2017, Sekolah Menengah Kejuruan di SMKS Walisongo Pacet, Kec. Pacet, Kab. Mojokerto lulus tahun 2020, pada tahun 2022 diterima di Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang, Prodi Agroteknologi hingga selesai.



ABSTRAK

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

Di bawah bimbingan :1. Prof. Dr. Ir. Nurhidayati, MP.

2. Ir. Siti Muslikah, M.P.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya peningkatan kualitas bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada fase *main nursery* melalui pengelolaan pemupukan yang efisien dan berkelanjutan. Penggunaan pupuk anorganik secara intensif selama ini mampu meningkatkan pertumbuhan bibit, namun berpotensi menurunkan kualitas tanah dan efisiensi pemupukan. Di sisi lain, limbah padat kelapa sawit seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan *solid decanter* memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik berbasis nanoteknologi yang dapat meningkatkan ketersediaan hara dan memperbaiki sifat tanah. Selain faktor pemupukan, perbedaan karakteristik jenis tanah seperti Ultisol dan Inceptisol juga mempengaruhi respon pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap aplikasi pupuk. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji interaksi antara macam pemupukan nano kompos limbah padat kelapa sawit dengan pengurangan dosis pupuk anorganik dan perbedaan jenis tanah terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit pada fase *main nursery*.

Penelitian dilaksanakan di greenhouse Dusun Jewo, Desa Sengonagung, Kecamatan Purwosari, Kabupaten Pasuruan pada bulan Maret hingga Oktober 2025. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dua faktor, yaitu jenis tanah yang terdiri atas Ultisol dan Inceptisol serta macam pemupukan yang terdiri atas tanpa pemupukan, 100% pupuk anorganik, 100% nanokompos, kombinasi 50% nanokompos + 50% pupuk anorganik, dan kombinasi 75% nanokompos + 25% pupuk anorganik. Setiap perlakuan diulang sebanyak lima kali dengan tiga sampel tanaman pada setiap ulangan sehingga diperoleh total 150 satuan percobaan. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah pelepah, luas daun, panjang pelepah, kandungan klorofil, bobot segar total, dan bobot kering total. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji BNJ taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi nyata antara jenis tanah dan macam pemupukan terhadap beberapa parameter pertumbuhan bibit kelapa sawit, terutama pada tinggi tanaman, luas daun, panjang pelepah, bobot segar total, dan bobot kering total pada umur pengamatan tertentu. Pada tanah Ultisol, sebagian besar perlakuan pemupukan kombinasi nanokompos dengan pupuk anorganik mampu meningkatkan pertumbuhan bibit dibandingkan tanpa pemupukan. Sementara itu, pada tanah Inceptisol perlakuan kombinasi 75% nanokompos + 25% anorganik, memberikan pengaruh yang terbaik terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan nano kompos limbah padat sawit yang diperkaya nanopartikel mampu mengurangi 75% pupuk anorganik dalam fase *main nursery* bibit kelapa sawit namun, tetap mendukung pertumbuhan vegetatif bibit kelapa sawit yang optimal.

ABSTRACT

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

Under the guidance of :1. Prof. Dr. Ir. Nurhidayati, MP.

2. Ir. Siti Muslikah, M.P.

This research is motivated by the importance of improving the quality of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings during the main nursery phase through efficient and sustainable fertilizer management. While intensive use of inorganic fertilizers has been able to improve seedling growth, it has the potential to reduce soil quality and fertilizer efficiency. On the other hand, solid oil palm waste, such as empty fruit bunches (EFB) and solid decanters, has significant potential for use as nanotechnology-based organic fertilizers that can increase nutrient availability and improve soil properties. In addition to fertilizer application, differences in soil characteristics, such as Ultisols and Inceptisols, also influence the growth response of oil palm seedlings to fertilizer application. Therefore, this study aims to examine the interaction between various types of nano-compost fertilizers from oil palm solid waste, reduced inorganic fertilizer doses, and different soil types on oil palm seedling growth during the main nursery phase.

The research was conducted in the Jewo Hamlet greenhouse, Sengonagung Village, Purwosari District, Pasuruan Regency from March to October 2025. The research method used a two-factorial Randomized Block Design (RAK), namely soil type consisting of Ultisol and Inceptisol and types of fertilization consisting of no fertilization, 100% inorganic fertilizer, 100% nanocompost, a combination of 50% nanocompost + 50% inorganic fertilizer, and a combination of 75% nanocompost + 25% inorganic fertilizer. Each treatment was repeated five times with three plant samples in each replication, resulting in a total of 150 experimental units. Parameters observed included plant height, stem diameter, number of fronds, leaf area, frond length, chlorophyll content, total fresh weight, and total dry weight. The research data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) followed by a 5% BNJ test to determine differences between treatments.

The results of the study showed that there was a significant interaction between soil type and type of fertilization on several parameters of oil palm seedling growth, especially on plant height, leaf area, leaf sheath length, total fresh weight, and total dry weight at a certain observation age. In Ultisol soil, most of the fertilization treatments of nanocompost combination with inorganic fertilizer were able to increase seedling growth compared to no fertilization. Meanwhile, in Inceptisol soil, the combination treatment of 75% nanocompost + 25% inorganic fertilizers provided the best effect on oil palm seedling growth. These results indicate that the use of nanocompost of solid palm waste enriched with nanoparticles was able to reduce 75% of inorganic fertilizers in the main nursery phase of oil palm seedlings but still supported optimal vegetative growth of oil palm seedlings.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis yang memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia, khususnya sebagai penghasil minyak nabati terbesar di dunia (Xin *et al.*, 2022). Selain nilai ekonominya, kelapa sawit juga unggul dari sisi produktivitas karena menghasilkan minyak nabati per satuan luas yang lebih tinggi dibandingkan tanaman penghasil minyak lainnya (Alhaji *et al.*, 2024). Tanaman ini berkontribusi signifikan terhadap ketahanan pangan global serta penyediaan bahan baku industri oleokimia, kosmetik, hingga energi terbarukan seperti biodiesel (Rhebergen *et al.*, 2016).

Luas perkebunan kelapa sawit nasional pada tahun 2024 diperkirakan telah mencapai lebih dari 16 juta hektar dengan produksi *Crude Palm Oil* (CPO) melebihi 45 juta ton per tahun (Badan Pusat Statistik, 2024). Keberhasilan pengembangan kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh kualitas bibit yang dihasilkan pada fase pembibitan, khususnya pada tahap *main nursery*, karena fase ini menentukan pertumbuhan awal, produktivitas, dan umur ekonomis tanaman di lapangan (Woittiez *et al.*, 2017; Supriatna *et al.*, 2023). Bibit yang berkualitas tinggi melalui manajemen pembibitan yang baik akan mendukung produktivitas tanaman selama masa produksi yang dapat mencapai sekitar 25 tahun (Hapsoh *et al.*, 2020).

Pada fase *main nursery*, bibit kelapa sawit memerlukan pasokan nutrisi yang cukup untuk mendukung pertumbuhan vegetatif, seperti pembentukan akar yang kuat, peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan akumulasi biomassa (Amugoli

et al., 2020). Oleh karena itu, pemupukan menjadi faktor penting dalam memenuhi kebutuhan hara bibit kelapa sawit pada fase *main nursery*.

Pupuk merupakan sumber unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman untuk mendukung proses fisiologis dan pertumbuhan vegetatif (Purwanto *et al.*, 2025). Pada pembibitan kelapa sawit, pupuk anorganik seperti NPK (Nitrogen, Fosfor, dan Kalium) banyak digunakan karena mampu meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, luas daun, dan bobot kering bibit pada dosis optimal (Dini *et al.*, 2025). Namun, penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus dapat menurunkan kualitas tanah dan berpotensi mencemari lingkungan, sehingga diperlukan alternatif pemupukan yang lebih berkelanjutan.

Salah satu alternatifnya adalah pemanfaatan limbah padat industri kelapa sawit, seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan limbah padat *solid decanter*, yang jumlahnya cukup besar, yaitu sekitar 22–23% TKKS dan 3–5% dari setiap ton tandan buah segar (Sitanggang *et al.*, 2021). Limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang tidak hanya menyediakan unsur hara bagi tanaman, tetapi juga memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Lau *et al.*, 2024).

Seiring berkembangnya teknologi pertanian, konsep nano kompos mulai diperkenalkan sebagai inovasi dalam sistem pemupukan organik. Dalam konteks ini, perkembangan teknologi nano di bidang pertanian membuka peluang pemanfaatan limbah kelapa sawit menjadi nano kompos yang lebih efisien. Pupuk nano memiliki ukuran yang sangat kecil (1-100 nm) sehingga meningkatkan luas permukaan kontak dengan akar tanaman dan memudahkan penyerapan unsur hara (Yadav *et al.*, 2016).

Menurut Nurhidayati *et al.*, (2023) material nano telah terbukti memiliki beberapa kelebihan, seperti efektivitas yang tinggi dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui perkecambahan yang lebih baik dan cepat, serta kemampuan untuk meningkatkan pengikatan nitrogen di dalam tanah. Hasil penelitian Qur'ania *et al.*, (2026) menunjukkan bahwa aplikasi nano kompos berbahan tandan kosong kelapa sawit (TKKS), baik yang dikombinasikan dengan solid decanter maupun bahan organik lainnya, mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit di *main nursery* pada tanah Inceptisol. Berbagai penelitian terdahulu melaporkan bahwa kompos TKKS dan limbah padat sawit mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, seperti meningkatkan pH tanah, kapasitas tukar kation, serta kandungan C-organik dan unsur hara tersedia (Mulyani *et al.*, 2017).

Respon tanaman terhadap pemupukan tidak hanya dipengaruhi oleh jenis pupuk yang diberikan, tetapi juga oleh karakteristik tanah sebagai media tumbuh. Setiap jenis tanah memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda, seperti tekstur, kandungan bahan organik, pH, serta kapasitas tukar kation yang berperan dalam menahan dan menyediakan unsur hara bagi tanaman. Perbedaan sifat tersebut menyebabkan efektivitas pemupukan dan ketersediaan hara menjadi bervariasi, sehingga dapat menimbulkan interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan dalam mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Hidayat *et al.*, 2025).

Tanah Ultisol bersifat masam, memiliki kejenuhan basa rendah, serta kandungan aluminium tinggi yang dapat memfiksasi unsur hara terutama fosfor (P). Sementara itu, Inceptisol di daerah tropis umumnya memiliki bahan organik rendah dan sering mengalami kekurangan unsur hara makro seperti nitrogen (N) dan

kalium (K) akibat pencucian hara (Andalusia, *et al.*, 2016). Perbedaan karakteristik kedua jenis tanah tersebut dapat menyebabkan respon tanaman terhadap pemupukan menjadi berbeda. Oleh karena itu, kajian mengenai interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan penting untuk mengetahui kombinasi perlakuan yang paling efektif bagi pertumbuhan tanaman. Namun, penelitian tentang aplikasi nano kompos limbah padat kelapa sawit pada fase *main nursery* pada dua jenis tanah yang dikombinasikan dengan pengurangan dosis pupuk anorganik masih terbatas.

Berdasarkan hal tersebut, masih terdapat kesenjangan penelitian berupa minimnya kajian yang mengevaluasi respon pertumbuhan bibit kelapa sawit di *main nursery* terhadap pemupukan nano kompos berbasis limbah padat sawit (TKKS dan *solid decanter*) yang dikombinasikan dengan pengurangan dosis pupuk anorganik pada dua jenis tanah berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk memperoleh strategi pemupukan yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan, sekaligus mendukung pengelolaan limbah kelapa sawit secara optimal di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat interaksi antara macam pemupukan nano kompos limbah padat sawit dengan pengurangan dosis pupuk anorganik dan jenis tanah yang berbeda terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di *main nursery*?
2. Bagaimana respon pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di *main nursery* terhadap macam pemupukan nano kompos limbah padat sawit (TKKS dan *solid decanter*) dengan pengurangan dosis pupuk anorganik?

3. Bagaimana respon pertumbuhan bibit kelapa sawit yang ditanam pada dua jenis tanah yang berbeda?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengkaji interaksi antara macam pemupukan nano kompos limbah padat sawit dengan pengurangan dosis pupuk anorganik dan jenis tanah yang berbeda dalam mempengaruhi pertumbuhan bibit kelapa sawit di main nursery.
2. Mengetahui respon pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di main nursery terhadap macam pemupukan nano kompos limbah padat sawit (TKKS dan *solid decanter*) dengan pengurangan dosis pupuk anorganik.
3. Menganalisis pengaruh perbedaan jenis tanah terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat interaksi antara macam pemupukan nano kompos limbah padat sawit dengan pengurangan dosis pupuk anorganik dan jenis tanah yang berbeda terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di *main nursery*.
2. Pemberian nano kompos limbah padat sawit (TKKS dan *solid decanter*) dengan pengurangan dosis pupuk anorganik memberikan respon pertumbuhan bibit kelapa sawit yang berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol dan pemupukan anorganik penuh di *main nursery*.
3. Perbedaan jenis tanah menyebabkan perbedaan respon pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap aplikasi nano kompos limbah padat sawit dan pupuk anorganik.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

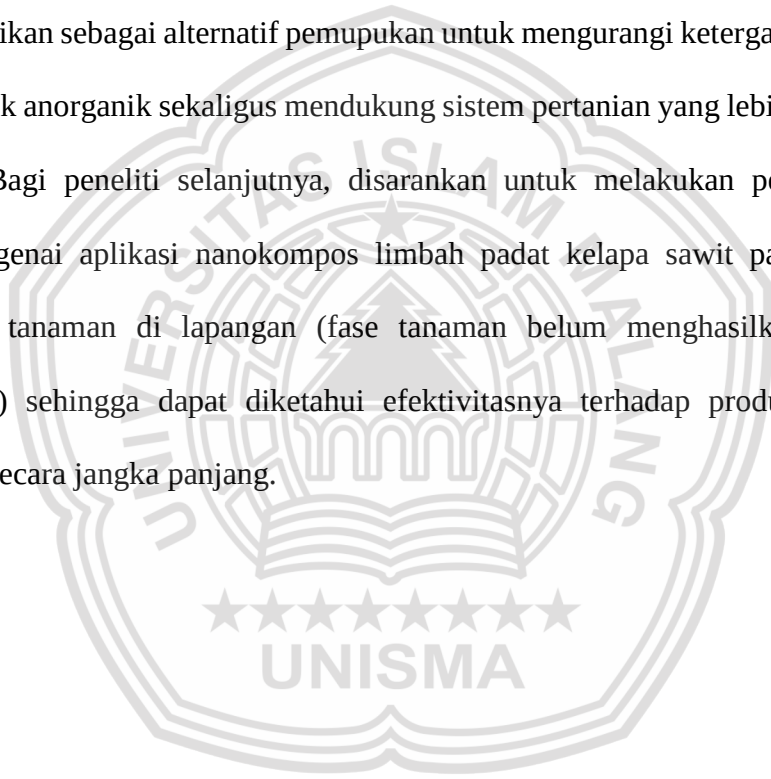
Berdasarkan hasil analisis data menggunakan uji ragam (ANOVA) dan uji lanjut BNJ 5% terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di *main nursery*, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terdapat interaksi antara jenis tanah dan macam pemupukan terhadap beberapa parameter pertumbuhan bibit kelapa sawit di fase *main nursery* pada beberapa parameter pertumbuhan. Dimana pada tanah Ultisol akan menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit yang terbaik bila dikombinasikan dengan pupuk anorganik 25% dan nanokompos 75%, sedangkan pada Inceptisol perlakuan nanokompos 100% menyamai hasil kombinasi 75% nanokompos + 25% pupuk anorganik
2. Bibit kelapa sawit di *main nursery* memberikan respon pertumbuhan yang paling optimal terhadap perlakuan kombinasi nanokompos berbasis TKKS dan *solid decanter* dengan pengurangan pupuk anorganik, khususnya pada perlakuan T4 (75% Nanokompos + 25% pupuk Anorganik) dan T3 (50% Nanokompos + 50% pupuk Anorganik). Aplikasi nanokompos ini mampu meningkatkan biomassa tanaman (bobot segar dan kering) serta kandungan klorofil secara lebih efektif dibandingkan dengan pemberian pupuk anorganik tunggal (100%) maupun tanpa pemupukan (kontrol).
3. Jenis tanah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap performa bibit, di mana Tanah Ultisol (S1) menunjukkan hasil pertumbuhan yang lebih tinggi dan konsisten dibandingkan tanah Inceptisol (S2). Hal ini dikarenakan aplikasi

nanokompos mampu memperbaiki sifat kimia tanah Ultisol (meningkatkan pH dan Kapasitas Tukar Kation/KTK) secara lebih optimal, sehingga menciptakan lingkungan perakaran yang lebih baik untuk penyerapan unsur hara.

5.2 Saran

Penggunaan kombinasi nanokompos limbah padat kelapa sawit dengan pupuk anorganik terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit pada fase *main nursery*. Oleh karena itu, penggunaan nanokompos dapat direkomendasikan sebagai alternatif pemupukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik sekaligus mendukung sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan mengenai aplikasi nanokompos limbah padat kelapa sawit pada fase pertumbuhan tanaman di lapangan (fase tanaman belum menghasilkan atau menghasilkan) sehingga dapat diketahui efektivitasnya terhadap produktivitas kelapa sawit secara jangka panjang.



DAFTAR PUSTAKA

- Alhaji, A. M., E. S. Almeida, C. R. Carneiro, C. A. S. da Silva, S. Monteiro, and J. S. D. R. Coimbra. 2024. Palm oil (*Elaeis guineensis*): A journey through sustainability, processing, and utilization. *Foods*. 13(17): 2814-2835.
- Anamulai, S., R. Sanusi, A. Zubaid, A.M. Lechner, A. Ashton-Butt, and B. Azhar. 2019. Land use conversion from peat swamp forest to oil palm agriculture greatly modifies microclimate and soil conditions. *PeerJ*. 7: e7656.
- 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.
- Anyaocha, K. E., R. Sakrabani, K. Patchigolla, and A.M. Mouazen. 2018. Critical Evaluation of Oil Palm Fresh Fruit Bunch Solid Wastes as Soil Amendments: Prospects and challenges. *Resources, Conservation and Recycling*. 136: 399-409.
- Aprilia, I. B., P.E. Sasongko, and S. Siswanto. 2024. Aplikasi formulasi bahan pembenah tanah terhadap beberapa sifat kimia tanah berpasir dan produksi tanaman padi. *Jurnal Agrotropika*. 23(1): 89-98.
- Ariyanti, M., Y. Maxiselly, S. Rosniawaty, and B.A.D. Nilmawati. 2018. Pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) dengan aplikasi urin ternak sebagai pupuk organik. *Agrosintesa Jurnal Ilmu Budidaya Pertanian*. 1(2): 61-70.
- Badan Pusat Statistika (BPS). 2024. Statistik tanaman perkebunan tahunan Indonesia.
- Balai Penyuluh Pertanian Kalimantan Barat. 2023. Pemeliharaan main nursery kelapa sawit. Balai penyuluh pertanian Kalimantan Barat.
- Bittencourt, C.B., T.L. Carvalho da Silva, J.C. Rodrigues Neto, L.R. Vieira, A.P. Leão, J.A. de Aquino Ribeiro, P.V. Abdelnur, C.A.F. de Sousa, and M.T. Jr. Souza. 2022. Insights from a multi-omics integration (MOI) study in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Response to abiotic stresses: Part one—salinity. *Plants*. 11(13):1755-1744.
- Chakraborty, R., A. Mukhopadhyay, S. Paul, S. Sarkar, and R. Mukhopadhyay. 2023. Nanocomposite-based smart fertilizers: A boon to agricultural and environmental sustainability. *Science of the Total Environment*. 863: 160859.
- 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.
- Gupta, A., F. Rayeen, R. Mishra, M. Tripathi, and N. Pathak. 2023. Nanotechnology applications in sustainable agriculture: An emerging eco-friendly approach. *Plant Nano Biology*. 4: 100033.

- Hapsoh, H., I.R. Dini, W. Wawan, and A.H. Sianipar. 2020. The growth of oil palm seedlings using a combination medium of organic oil palm empty fruit bunch and npk fertilizer at main nursery. *Journal Of Tropical Soils*. 25(2): 61–69.
- Hasmawaty, A. R., A. Zahri, and B. Santoso. 2016. Prototype pengolahan limbah batang dan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku pulp. *Kinetika*. 7(2): 7-12.
- Hastuti, P. B., and S.M. Rohmiyati. 2021. Fertilization efficiency improvement on nurseries palm oil through the use of oil palm plantation waste. *Agrivet: Jurnal Prodi Agroteknologi UPN" Veteran" Yogyakarta*. 22(2): 1-10.
- Herdiansyah, H., H.A. Negoro, N. Rusdayanti, and S. Shara. 2020. Palm oil plantation and cultivation: Prosperity and productivity of smallholders. *Open Agriculture*. 5(1): 617-630.
- Hidayat, W., D. T. Suryaningtyas, and B. Mulyanto. 2024. Soil fertility based on mineralogical properties to support sustainable agriculture management. *SAINS TANAH-Journal of Soil Science and Agroclimatology*. 21(1): 95-103.
- 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.
- Intara, Y. I., A. D. Nusantara, S. Supanjani, Z. Caniago, and R. Ekawita. 2018. Oil palm roots architecture in response to soil humidity. *International journal of oil palm*. 1(2): 79-89.
- Karmani, A., M. R. Pathibang, J. Matatula, N.A.D. Aryani, M. Pobas, T. Lalus, and L.M. Manek. 2025. Evaluasi kesesuaian lahan tegakan jati (*tectona grandis* lf) di calon kawasan hutan dengan tujuan khusus (khdtk) jurusan kehutanan politeknik pertanian negeri kupang. *Jagawana: Jurnal Ilmiah Kehutanan*. 1(2): 150-164.
- 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.
- Mahmud, M. S., and K.P. Chong. 2022. Effects of liming on soil properties and its roles in increasing the productivity and profitability of the oil palm industry in Malaysia. *Agriculture*. 12(3): 322-336.
- Manurung, N.H. Adinda, Suwarto, S. Yahya, and B. Nugroho. 2023. Nitrogen uptake model of oil palm in main nursery. *Journal Of Oil Palm Research*. 36(4): 598-607.
- Mohidin, H., S. Man, M.M. Hanafi, S. Rufai, J. Idris, T. Fonguimgo, and Y.M. Rafii. 2019. Optimum levels of N, P, and K nutrition for oil palm seedlings grown in tropical peat soil. *Journal of Plant Nutrition*. 42(13): 1461–1471.
- Mulyani, S., and D.T. Suryaningtyas. 2016. Quality improvement of compost from empty oil palm fruit bunch by the addition of boiler ash and its effect on

- chemical properties of ultisols and the production of mustard (*Brassica juncea* L.). *Journal of Tropical Soils*. 21(3): 161-169.
- Murphy, D. J., K. Goggin, and R.R.M. Paterson. 2021. Oil palm in the 2020s and beyond: Challenges and solutions. *CABI Agriculture and Bioscience*. 2(1): 1-22.
- Nascimento, M. S., M. L. M Soares, and G. M. Conceição. 2017. Arecaceae Bercht. & J. Presl. no Litoral Piauiense, Delta do Parnaíba, Piauí, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*. 72(3): 331-340.
- Nawawi, I., N. Nurhidayati, and S. Muslikah. 2024. Aplikasi foliar nanokompos diperkaya nano partikel ZnO pada pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.). *AGRONISMA*. 12(1): 488-499.
- Nurhidayati and S. Muslikah. 2022. Application of nano-vermicompost improves NPK nutrient uptake, chlorophyll content and yield of caisim mustard. *Proceeding of International Conference on Multidisciplinary Sciences for Humanity in The Society 5.0 Era*. E-ISSN 3021-7245. 2:163-171.
- 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 SiO₂ pada pertumbuhan bibit (Main Nursery) tanaman sawit: Pembibitan, nanokompos, nanopartikel, *Folium : Jurnal Ilmu Pertanian*. 9(2): 68–78.
- Purnomo, J., N. Nurjaya, and D. Setyorini. 2022. The effect of NPK 12-6-27 fertilization on the growth of oil palm plants in the main nursery on Bogor acid dry land. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 8:129-136.
- Purwanto, B., W. Shalihy, and I. Indrawati. 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.
- 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.
- Radin, R., R. Abu Bakar, C. F. Ishak, S. H. Ahmad, and L. C. Tsong. 2018. Biochar-compost mixture as amendment for improvement of polybag-growing

media and oil palm seedlings at main nursery stage. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 7(1): 11-23.

- Raliya, R., Saharan, V., Dimkpa, C., and Biswas, P. 2017. Nanofertilizer for Precision and Sustainable Agriculture: Current State and Future Perspectives. *Journal of agricultural and food chemistry*. 66(26): 6487-6503.
- 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.
- Rhebergen, T., Fairhurst, T., Zingore, S., Fisher, M., Oberthür, T. and Whitbread, A., 2016. Climate, soil and land-use based land suitability evaluation for oil palm production in Ghana. *European Journal of Agronomy*. 81: 1–14.
- Rusly, M., and D.Y. Rahman. 2023. Perkembangan penerapan nanoteknologi pada bidang pertanian. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (Jupiter)*. 4(2): 10-14.
- Salamat, S. S., M. A. Hassan, Y. Shirai, A. H. M. Hanif, I. Arifin, and M. S. Norizan. 2019. Application of compost in mixed media improved oil palm nursery's secondary root structure thereby reducing the fertilizer requirement for growth. *J. Mol. Biol. Biotechnology*. 27(3): 39-49.
- Septyani, I. A. P., S. Yasin, and G. Gusmini. 2020. Pemanfaatan blotong dan pupuk sintetik dalam memperbaiki sifat kimia ultisol dan pertumbuhan bibit kelapa sawit. *JTSL (Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan)*. 7(1): 21-30.
- Shang, Y., M.K. Hasan, G.J. Ahamme, M. Li, H. Yin, and J. Zhou. 2019. Applications of nanotechnology in plant growth and crop protection: A review. *Molecules*. 24(14): 2558-2581.
- 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.
- Sukmawan, Y., and D. Riniarti, D. 2020. Respons pertumbuhan bibit kelapa sawit akibat pengaturan bobot mulsa tandan kosong dan frekuensi penyiraman. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 28(3): 159-168.

- 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.
- Tinduh, Y. K., I.F.D. Ratnasari, A. Malik, A. Fikriyadi, and D. Aprilianto. 2024. The effect of giving npk and biochar from palm oil fronds on palm oil main nursery seedlings. *Tropical Wetland Journal*. 10(2): 19-29.
- 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.
- Yaakub, N.Z.Z., N. F. M. Shaipulah, N. Z. Mohamed, and A. M. Idrus. 2023. *Flower Development of Male and Female Inflorescence of Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq.)*. *Universiti Malaysia Terengganu Journal of Undergraduate Research*. 5(4): 89-97.
- Yadav, A., K. Yadav., and K. A. Abd-Elsalam. 2023. Nanofertilizers: types, delivery and advantages in agricultural sustainability. *Agrochemicals*. 2(2), 296-336.
- Zulkifli, Y., N. Rajanaidu, M.Y. Rafii, A. Mohd Din, I. Maizura, and B.S. Jalani. 2018. Designing the oil palm of the future. *Journal of Oil Palm Research*. 29(4): 440-455.