

Respon Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Fase Main Nursery terhadap Aplikasi Macam Nano Kompos yang Berasal dari Tandan Kosong Sawit

Growth Response of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq) Seedlings in the Main Nursery Phase to the Application of Various Types of Nanocompost Derived from Empty Fruit Bunches.

Muhamad Rifqi Zaidan Dzakki*, Nurhidayati¹ dan Anita Qur'ania²

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

*Korespondensi : (mrifqizaidan12@gmail.com)

ABSTRACT

Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) requires optimal seedling quality during the main nursery phase to support field productivity; however, the high use of inorganic fertilizers poses challenges regarding efficiency and sustainability. This study aims to evaluate the interaction between types of nanocompost made from empty oil palm fruit bunches (EOPFB) and inorganic fertilizer doses on oil palm seedling growth. The study was conducted using a two-factor factorial Randomized Block Design (RBD), namely three types of nanocompost (EOPFB; EOPFB + solid decanter; TKKS + cow manure) and five fertilizer dose combinations (control; 100% inorganic; 100% nanocomposite; 50% nanocomposite + 50% inorganic; 75% nanocomposite + 25% inorganic). The observed parameters included vegetative growth, analyzed using a 5% level ANOVA and a 5% BNJ post-hoc test. The results showed a significant interaction between nanocompost type and fertilizer dose on seedling growth and biomass. The combination of 75% nanocomposite + 25% inorganic fertilizer, particularly the TKKS nanocomposite + solid decanter, yielded the best results and was comparable to 100% inorganic fertilizer. These results indicate that TKKS nanocomposite has the potential to significantly reduce the use of inorganic fertilizer without compromising seedling growth quality, thereby supporting a more efficient and sustainable oil palm seedling production system.

Keywords: *Elaeis guineensis*, main nursery, nanocompost, empty oil palm fruit bunches

ABSTRAK

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) memerlukan kualitas bibit optimal pada fase *main nursery* untuk mendukung produktivitas di lapangan, namun penggunaan pupuk anorganik yang tinggi menimbulkan tantangan efisiensi dan keberlanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi interaksi antara macam nanokompos

berbahan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan dosis pupuk anorganik terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit. Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dua faktor, yaitu tiga macam nanokompos (TKKS; TKKS + solid decanter; TKKS + kotoran sapi) dan lima kombinasi dosis pemupukan (kontrol; 100% anorganik; 100% nanokompos; 50% nanokompos + 50% anorganik; 75% nanokompos + 25% anorganik). Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan vegetatif, dianalisis menggunakan ANOVA taraf 5% dan uji lanjut BNJ 5%. Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi nyata antara macam nanokompos dan dosis pemupukan terhadap pertumbuhan dan biomassa bibit. Kombinasi 75% nanokompos + 25% pupuk anorganik, khususnya pada nanokompos TKKS + solid decanter, memberikan hasil terbaik dan sebanding dengan 100% pupuk anorganik. Hasil ini menunjukkan bahwa nanokompos TKKS berpotensi mengurangi penggunaan pupuk anorganik secara signifikan tanpa menurunkan kualitas pertumbuhan bibit, sehingga mendukung sistem pembibitan kelapa sawit yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Kata kunci : *Elaeis guineensis*, main nursery, nanokompos, tandan kosong kelapa sawit

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan strategis global yang menyumbang 40% total perdagangan minyak nabati dunia dengan produksi mencapai 81 juta ton per tahun (Qaim et al., 2020). Di Indonesia, industri ini berperan vital dalam penyerapan tenaga kerja dan pengentasan kemiskinan (Sigalingging et al., 2024). Keberhasilan produktivitas jangka panjang kelapa sawit sangat ditentukan oleh kualitas bibit pada fase *main nursery*. Fase ini merupakan tahap kritis selama 4-12 bulan yang membutuhkan pengelolaan nutrisi optimal untuk mendukung pertumbuhan vegetatif sebelum pindah tanam (Hapsoh et al., 2020; Supriatna et al., 2023). Seiring meningkatnya luas areal perkebunan di Indonesia yang mencapai 16,01 juta hektar pada tahun 2024 (BPS, 2024), kebutuhan akan strategi pembibitan yang efisien dan berkelanjutan menjadi semakin mendesak.

Ekspansi lahan kelapa sawit berdampak pada tingginya ketergantungan terhadap pupuk anorganik untuk mengejar target profitabilitas, terutama pada lahan marginal (Chen, 2023). Namun, penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus memicu kenaikan biaya produksi, degradasi kualitas tanah, penurunan aktivitas mikroba, serta peningkatan emisi gas rumah kaca (Supriatna et al., 2023). Di sisi lain, industri kelapa sawit menghasilkan limbah dalam jumlah besar, di mana Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) mencakup 20-23% dari total Tandan Buah Segar (TBS) yang diolah (Windiastruti et al., 2022). Pemanfaatan TKKS sebagai kompos menjadi solusi menjanjikan karena kandungan hara esensialnya (N, P, K) mampu memperbaiki sifat kimia tanah dan meningkatkan serapan hara tanaman (Supriatna et al., 2023). Meskipun aplikasi kompos TKKS menunjukkan hasil positif, penggunaan bahan organik tunggal seringkali belum mampu menandingi performa kombinasi pupuk organik-anorganik (Pratama et al., 2025).

Hambatan utama penggunaan kompos TKKS konvensional adalah proses dekomposisi yang lama akibat ukuran partikel yang besar dan kandungan lignin yang

tinggi (Rini et al., 2022). Hal ini memicu kebutuhan akan inovasi teknologi, salah satunya melalui introduksi nanoteknologi. Nanoteknologi memungkinkan modifikasi partikel bahan organik menjadi skala nano (1-100 nm) yang mampu mempercepat pelepasan nutrisi, meningkatkan efisiensi penyerapan, serta meminimalkan kehilangan hara akibat pencucian atau volatilisasi (Nurhidayati et al., 2023; Chhipa, 2017; Dimkpa & Bindraban, 2018). Penerapan teknologi nano pada kompos TKKS diharapkan dapat mengatasi keterbatasan fisik bahan organik konvensional dan meningkatkan bioavailabilitas nutrisi bagi bibit kelapa sawit.

Hingga saat ini, penelitian mengenai pemanfaatan TKKS masih didominasi oleh metode pengomposan konvensional dengan bantuan mikroba dekomposer (Hapsah et al., 2020; Purwanto et al., 2025; Walmadri dkk., 2023). Belum ditemukan studi yang secara spesifik mengkaji penggunaan teknologi nano untuk memodifikasi kompos TKKS menjadi nano kompos guna meningkatkan efektivitas pemupukan pada pembibitan kelapa sawit (Yosephine et al., 2022). Padahal, nanokompos memiliki potensi besar untuk mengurangi dosis pupuk anorganik secara signifikan tanpa mengganggu pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan informasi diatas penelitian yang secara spesifik mengkaji aplikasi nano kompos dari TKKS masih belum diteliti. Oleh karena itu penelitian ini penting dilakukan dengan tujuan untuk menjelaskan respon pertumbuhan bibit kelapa sawit pada fase *main nursery* terhadap aplikasi tiga macam nano kompos yang berasal dari TKKS dan pengurangan dosis pupuk anorganik menjadi sangat relevan dan strategis untuk mendukung keberlanjutan industri kelapa sawit di Indonesia.

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 ± 350 mdpl.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu polibag, cangkul, ember, sekop, terpal, karung, penggaris, grinder mill, blade mill, timbangan digital, gelas ukur, selang air, sprayer, SPAD, pengiling tanah, jangka sorong, soil tester. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu bibit sawit umur 5 bulan varietas Sriwijaya, NK-TKKS, nanopartikel ZnO dan SiO₂, Pupuk NPK 15-15-15-6-4, Pupuk NPK 12-12-12-17-2, Pupuk Kieserite, Sampel Tanah Ultisol, Air, amplop oven dan Pestisida kimia.

Metode penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial yang terdiri 2 faktor, untuk faktor pertama terdiri dari 3 taraf/level, yaitu P₁ = Nanokompos Tandan Kosong Sawit, P₂ = Nanokompos Tandan Kosong Sawit + Solid Decanter, P₃ = Nanokompos Tandan Kosong Sawit + Kotoran Sapi. Sedangkan pada faktor kedua memiliki 5 taraf/level, yaitu T₀ = Kontrol, T₁ = 100% Pupuk Anorganik, T₂ = 100 % Nanokompos, T₃ = 50 % Nanokompos + 50 % Pupuk Anorganik, T₄ = 75 % Nanokompos + 25 % Pupuk Anorganik. Dengan demikian dari kedua faktor tersebut didapatkan 15 kombinasi perlakuan dengan 5 kali ulangan dan tiap ulangan ada 3 sampel. Sehingga total keseluruhan populasi sebanyak 225 sampel tanaman.

Media tanam pada pembibitan utama menggunakan tanah Ultisol asal perkebunan sawit Kalimantan Tengah yang dikeringkan, dihaluskan, dan dimasukkan ke polybag (± 15 kg/polybag; 3 cm dari bibir polybag), kemudian disiram setiap hari selama 7 hari sebelum tanam. Sebanyak 225 polybag disusun dengan jarak 20 cm antarplot perlakuan dan 40 cm antarulangan. Nanokompos TKKS diperkaya nanopartikel diaplikasikan dua hari sebelum tanam sesuai dosis perlakuan dengan cara dicampur merata pada lapisan tengah media (± 20 cm). Sebelum tanam, media dijenuhkan air, dibuat lubang di tengah polybag, lalu bibit ditanam dan ditutup kembali. Pemeliharaan meliputi penyiraman 1 L/polybag/hari (pagi dan sore), penyiangan di dalam dan sekitar polybag, serta pemupukan NPKMg (15-15-6-4) hingga ± 5 bulan dan dilanjutkan NPKMg (12-12-17-2) sesuai rekomendasi Kementerian Pertanian RI; pada perlakuan NK-TKKS, pupuk anorganik diberikan 50% dari dosis rekomendasi. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan sesuai kebutuhan menggunakan pestisida kimia.

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^2) menggunakan rumus $LD = p \times l \times k$, panjang pelepah (cm), kandungan klorofil daun menggunakan SPAD meter. Data hasil percobaan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA, uji F) dengan taraf 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diuji. Apabila terdapat pengaruh yang nyata dilakukan uji lanjut BNJ taraf 5% untuk membedakan antar perlakuan dan uji korelasi untuk mengetahui korelasi antar parameter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam (Anova) menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan terhadap tinggi bibit tanaman sawit. Namun masing-masing faktor perlakuan macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan berpengaruh nyata terhadap tinggi bibit tanaman kelapa sawit di fase *main nursery*. Perlakuan macam bahan nanokompos berpengaruh nyata terhadap tinggi bibit tanaman sawit pada umur 1, 5, 6 dan 7 bst, sedangkan perlakuan dosis pemupukan memberikan pengaruh nyata pada umur 3-7 BST. Rata – rata tinggi bibit tanaman kelapa sawit pada perlakuan macam bahan nano dan perlakuan dosis pemupukan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rata-Rata Tinggi Tanaman (cm) pada Perlakuan Macam Bahan Nanokompos dan Dosis Pemupukan



Macam Nanokompos	Tinggi Tanaman						
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST	7 BST
P ₁	47,35b	49,56	55,21	56,61	61,59b	65,17b	67,8b
P ₂	44,33a	47,60	52,96	55,09	58,68a	61,71a	65,0a
P ₃	46,67b	49,63	54,93	57,30	61,07ab	63,61ab	65,8ab
BNJ 5%	2,208	TN	TN	TN	2,771	2,719	2,410

Macam Pemupukan	Tinggi Tanaman						
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST	7 BST
T ₀	44,20	47,45	50,76a	52,50a	54,00a	55,80a	57,2a
T ₁	46,70	48,33	53,80b	55,80ab	59,50b	63,40b	66,3b
T ₂	47,00	49,58	54,89c	55,70ab	59,80b	62,10b	64,6b
T ₃	46,10	49,69	55,53c	57,90bc	63,20bc	67,70c	70,4c
T ₄	46,60	49,59	56,85c	59,80c	65,60c	68,60c	72,6c
BNJ 5%	TN	TN	2,933	3,882	4,198	4,119	3,651

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan menurut uji BNJ pada taraf 5%, BST : Bulan Setelah Tanam, TN : Tidak Nyata

Berdasarkan hasil uji BNJ 5% (Tabel 1) menunjukkan bahwa secara umum perlakuan P₁ (TKS) dan P₃ (50% TKS + 50% Kotoran Sapi) memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap tinggi bibit tanaman sawit dibandingkan perlakuan P₂ (50% TKS + 50% *Solid decanter*).

Berdasarkan hasil uji BNJ 5% (Tabel 1) pada umur 3-7 BST secara umum menunjukkan bahwa perlakuan T₃ (50% Nanokompos + 50% Pupuk Anorganik) dan T₄ (75% Nanokompos + 25% Pupuk Anorganik) menghasilkan tinggi bibit tanaman sawit yang tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan T₀ (kontrol) dan T₁ (100% Pupuk Anorganik) dan T₂ (100 % Nanokompos).

Diameter Batang

Hasil analisis ragam (Anova) menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan terhadap diameter batang bibit tanaman sawit. Namun masing-masing faktor perlakuan macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan berpengaruh nyata terhadap diameter batang bibit tanaman kelapa sawit di fase *main nursery* pada umur 2-7 BST. Rata – rata diameter batang bibit tanaman kelapa sawit pada perlakuan macam bahan nanokompos dan perlakuan dosis pemupukan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Rata-Rata Diameter Batang (cm) pada Perlakuan Macam Bahan Nanokompos dan Dosis Pemupukan



Macam Nanokompos	Diameter Batang						
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST	7 BST
P ₁	1,5	1,57b	2,05a	2,28b	3,01a	3,20b	3,37b
P ₂	1,4	1,48a	1,95a	2,01a	2,90a	2,95a	2,96a
P ₃	1,4	1,93c	2,10b	2,27b	3,40b	3,40b	3,47b
BNJ 5%	TN	0,119	0,137	0,148	0,165	0,131	0,140

Macam Pemupukan	Diameter Batang						
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST	7 BST
T ₀	1,37	1,63	1,91a	1,97a	2,73a	2,82a	2,88a
T ₁	1,44	1,69	2,02ab	2,19abc	3,00b	3,10b	3,17b
T ₂	1,47	1,62	1,97a	2,10ab	3,02b	3,11b	3,15b
T ₃	1,46	1,68	2,19b	2,38c	3,32c	3,40c	3,50c
T ₄	1,38	1,69	2,09ab	2,29bc	3,45c	3,56c	3,64c
BNJ 5%	TN	TN	0,208	0,224	0,250	0,199	0,213

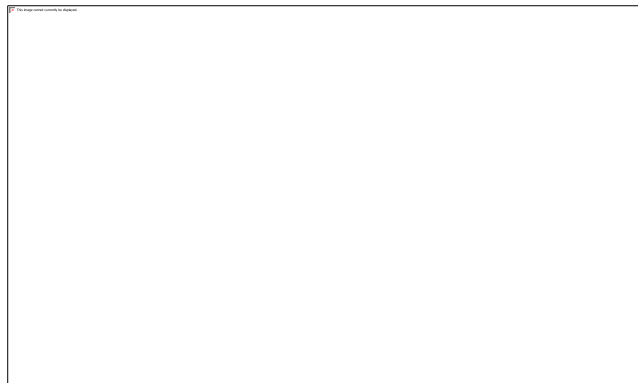
Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan menurut uji BNJ pada taraf 5%, BST : Bulan Setelah Tanam, TN : Tidak Nyata

Berdasarkan hasil uji BNJ 5% (Tabel 5) menunjukkan bahwa secara umum perlakuan P₁ (TKS) dan P₃ (50% TKS + 50% Kotoran Sapi) memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap diameter batang bibit tanaman sawit dibandingkan perlakuan P₂ (50% TKS + 50% *Solid decanter*).

Berdasarkan hasil uji BNJ 5% (Tabel 5) pada umur 3-7 BST secara umum menunjukkan bahwa perlakuan T₃ (50% Nanokompos + 50% Pupuk Anorganik) dan T₄ (75% Nanokompos + 25% Pupuk Anorganik) menghasilkan diameter batang bibit tanaman sawit yang besar dan berbeda nyata dengan perlakuan T₀ (kontrol), T₁ (100% Pupuk Anorganik) dan T₂ (100 % Nanokompos).

Jumlah Pelepah

Hasil analisis ragam uji F 5% (Anova) menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan terhadap jumlah pelepah bibit tanaman sawit pada umur 7 BST. Rata-rata jumlah pelepah bibit tanaman sawit pada perlakuan interaksi macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan disajikan pada Gambar. 1.



Gambar 1 Rata-rata Jumlah Pelepah Tanaman Kelapa Sawit Akibat Interaksi Macam Bahan Nanokompos dengan Dosis Pemupukan (Nilai BNJ 5% = 1,26)

Berdasarkan hasil uji BNJ 5% pada (Gambar 1) menunjukkan bahwa bahan nanokompos TKS perlakuan T₁ (100% Pupuk Anorganik), T₂ (100 % Nanokompos),



T3 (50% Nanokompos + 50% Pupuk Anorganik) dan T4 (75% Nanokompos + 25% Pupuk Anorganik) menghasilkan jumlah pelepah bibit tanaman sawit tertinggi dibandingkan dengan T0 (kontrol). Pada bahan nanokompos TKS + solid decanter perlakuan T2 (100 % Nanokompos), T3 (50% Nanokompos + 50% Pupuk Anorganik) dan T4 (75% Nanokompos + 25% Pupuk Anorganik) menghasilkan jumlah pelepah bibit tanaman sawit lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T0 (kontrol), T1 (100% Pupuk Anorganik),. Pada bahan nanokompos TKS + Kotoran sapi perlakuan T1 (100% Pupuk Anorganik), T2 (100 % Nanokompos), T3 (50% Nanokompos + 50% Pupuk Anorganik) dan T4 (75% Nanokompos + 25% Pupuk Anorganik) menghasilkan jumlah pelepah bibit tanaman sawit lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T0 (kontrol).

Luas Daun

Hasil analisis ragam uji F 5% (Anova) menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan terhadap luas daun bibit tanaman sawit pada umur 3 dan 5 BST. Rata-rata luas daun bibit tanaman sawit pada perlakuan interaksi macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan disajikan pada Tabel. 7.

Tabel 1 Rata-Rata Luas Daun (cm²) Akibat Interaksi Macam Bahan Nanokompos dengan Dosis Pemupukan

Interaksi P dan T	LUAS DAUN	
	3 bst	5 bst
P ₁ T ₀	1095,60a	1841,98ab
P ₁ T ₁	1682,06bcd	2155,48abc
P ₁ T ₂	1360,51abc	1945,96abc
P ₁ T ₃	1748,08cd	2759,67bcd
P ₁ T ₄	1908,09d	3035,03cd
P ₂ T ₀	1140,56a	3542,77de
P ₂ T ₁	1392,72abc	4625,98e
P ₂ T ₂	1345,50abc	4398,85e
P ₂ T ₃	1514,57abcd	7752,15f
P ₂ T ₄	1495,41abcd	6793,20f
P ₃ T ₀	1085,14a	1558,69a
P ₃ T ₁	1304,41abc	1670,82ab
P ₃ T ₂	1327,01abc	2261,36abc
P ₃ T ₃	1356,60abc	2559,97abcd
P ₃ T ₄	1260,30ab	2624,72abcd
BNJ 5%	456,634	1160,771

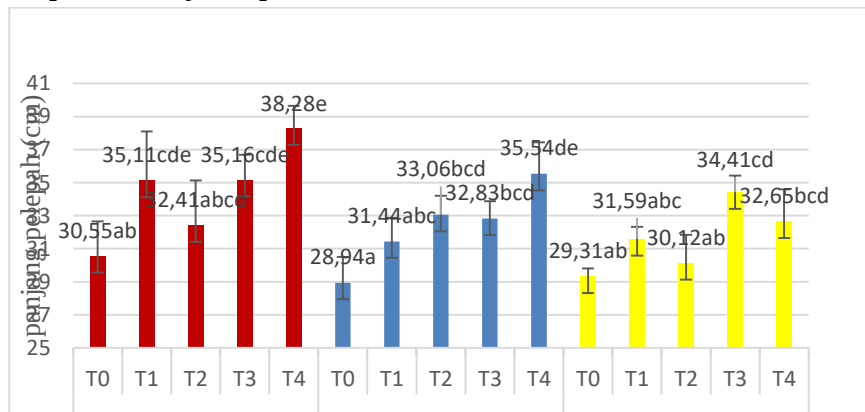
Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan menurut uji BNJ pada taraf 5%, BST : Bulan Setelah Tanam, TN : Tidak Nyata

Berdasarkan hasil uji BNJ 5% pada (Tabel 7) menunjukkan bahwa perlakuan P2T3 (50%Nanokompos tandan kosong + solid dengan menggunakan 50% pupuk

Anorganik) dan P2T4 (75% Nanokompos tandan kosong + solid dengan menggunakan 25% pupuk Anorganik) konsisten menghasilkan luas daun bibit tanaman sawit yang tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Panjang Pelepah

Hasil analisis ragam uji F 5% (Anova) menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan terhadap panjang pelepah bibit tanaman sawit pada umur 7 BST. Rata-rata panjang pelepah bibit tanaman sawit pada perlakuan interaksi macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Rata-Rata Panjang Pelepah (cm) Akibat Interaksi Macam Bahan Nanokompos dengan Dosis Pemupukan (Nilai BNJ 5% = 3,817)

Berdasarkan hasil uji BNJ 5% pada (Gambar 2) menunjukkan bahwa bahan nanokompos TKS perlakuan T1 (100% Pupuk Anorganik), T3 (50% Nanokompos + 50% Pupuk Anorganik) dan T4 (75% Nanokompos + 25% Pupuk Anorganik) menghasilkan panjang pelepah bibit tanaman sawit tertinggi dibandingkan dengan T0 (kontrol) dan T2 (100 % Nanokompos) dan. Pada bahan nanokompos TKS + *solid decanter* perlakuan T4 (75% Nanokompos + 25% Pupuk Anorganik) menghasilkan panjang pelepah bibit tanaman sawit lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T0 (kontrol), T1 (100% Pupuk Anorganik), T2 (100 % Nanokompos) dan T3 (50% Nanokompos + 50% Pupuk Anorganik). Pada bahan nanokompos TKS + Kotoran sapi perlakuan T3 (50% Nanokompos + 50% Pupuk Anorganik) dan T4 (75% Nanokompos + 25% Pupuk Anorganik) menghasilkan panjang pelepah bibit tanaman sawit lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T0 (kontrol), T1 (100% Pupuk Anorganik), T2 (100 % Nanokompos).

Klorofil

Hasil analisis ragam uji F 5% (Anova) menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan terhadap klorofil daun bibit tanaman sawit pada umur 4-6 BST. Rata-rata klorofil daun bibit tanaman sawit pada perlakuan interaksi macam bahan nanokompos dan dosis pemupukan disajikan pada Tabel 10.



Tabel 2 Rata-Rata Klorofil Daun Akibat Interaksi Macam Bahan Nanokompos dengan Dosis Pemupukan

Interaksi P dan T	Kandungan Klorofil (SPAD Value)		
	4 BST	5 BST	6 BST
P ₁ T ₀	46,52ab	49,10a	55,20a
P ₁ T ₁	62,07fg	69,62b	72,39bc
P ₁ T ₂	46,53ab	49,90a	50,43a
P ₁ T ₃	57,99def	69,68b	71,41bc
P ₁ T ₄	59,79efg	70,48b	73,66bc
P ₂ T ₀	52,66bcd	65,18b	65,80b
P ₂ T ₁	61,65fg	73,05b	73,68bc
P ₂ T ₂	53,87cde	70,47b	73,71bc
P ₂ T ₃	65,06g	73,74b	75,46c
P ₂ T ₄	62,41fg	70,58b	72,57bc
P ₃ T ₀	46,12a	50,64a	52,24a
P ₃ T ₁	62,26fg	70,92b	71,64bc
P ₃ T ₂	51,49abc	52,01a	53,64a
P ₃ T ₃	65,63g	72,69b	74,68c
P ₃ T ₄	64,26fg	71,79b	74,90c
BNJ 5%	6,422	9,062	8,377

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan menurut uji BNJ pada taraf 5%, BST : Bulan Setelah Tanam, TN : Tidak Nyata

Berdasarkan hasil uji BNJ 5% pada (Tabel 10) menunjukkan bahwa perlakuan P2T3 (50%Nanokompos tandan kosong + solid dengan menggunakan 50% pupuk Anorganik), P3T3 (50% Nanokompos tandan kosong + kototan sapi dengan menggunakan 50% pupuk Anorganik) dan P3T4 (75% Nanokompos tandan kosong + kotoran sapi 75% dengan menggunakan 25% pupuk Anorganik) konsisten menghasilkan luas daun bibit tanaman sawit yang tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Pada perlakuan macam bahan nanokompos dengan dosis pemupukan menunjukkan interaksi yang nyata pada perlakuan P1T1 (tanpa nanokompos tandan kosong dengan menggunakan pupuk Anorganik 100%), P1T4 (75% Nanokompos tandan kosong dengan menggunakan 25% pupuk Anorganik), dan P2T4 (75% Nanokompos tandan kosong + *solid decanter* dengan menggunakan 25% Pupuk Anorganik). Interaksi positif ini mengindikasikan adanya efek sinergis antara bahan organik nanokompos dengan dosis pemupukan dalam mendukung pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

Perlakuan P1T1 (tanpa nanokompos dan 100% pupuk anorganik) menunjukkan pertumbuhan tertinggi pada hampir seluruh parameter akibat ketersediaan hara yang cepat dan langsung tersedia bagi tanaman. Pupuk anorganik bersifat *quick release* sehingga N, P, dan K segera diserap akar (Ariyanti dkk., 2022), yang sangat penting pada fase *main nursery* dengan pertumbuhan vegetatif aktif (Hapsoh et al., 2020b).

Pada media Ultisol yang masam (pH 5,43), C-organik dan KTK rendah, serta kejenuhan basa rendah dengan kandungan Al dan Fe tinggi (Pane dkk., 2023), pemberian 100% pupuk anorganik efektif memenuhi kebutuhan hara awal tanaman. Namun, pada tanah ber-KTK rendah seperti Ultisol, strategi ini berisiko meningkatkan kehilangan hara melalui pencucian (Havlin et al., 2016) dan dalam jangka panjang dapat menurunkan kualitas tanah jika tanpa tambahan bahan organik (Lal, 2020).

Perlakuan P1T4 dan P2T4 menunjukkan hasil setara bahkan lebih tinggi dibandingkan P1T1 meskipun hanya menggunakan 25% pupuk anorganik, mengindikasikan adanya efek sinergis antara nanokompos dan pupuk anorganik dalam meningkatkan efisiensi hara. Nanokompos TKKS memiliki ukuran partikel nano (1–100 nm) dengan luas permukaan tinggi yang meningkatkan reaktivitas dan penyerapan hara (Liu & Lal, 2016), serta berperan sebagai *carrier* dan *slow-release fertilizer* yang melepaskan hara secara bertahap (Kah et al., 2019). Pada tanah Ultisol dengan KTK rendah (9,76 cmol/kg), penambahan nanokompos meningkatkan kapasitas menahan hara melalui pembentukan kompleks humus-liat dan gugus bermuatan negatif yang mengikat kation seperti K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan NH_4^+ (Mujizat dkk., 2023), bahkan dilaporkan mampu meningkatkan KTK hingga 30–40% dibandingkan kontrol (Idwar dkk., 2025).

Nanokompos juga berperan dalam memperbaiki pH Ultisol yang masam (pH 5,43) melalui efek penyangga bahan organik, yakni pelepasan basa organik serta pengikatan ion Al^{3+} dan H^+ penyebab kemasaman (Weil, Brady, & Weil, 2016). Peningkatan pH ini meningkatkan ketersediaan hara, terutama fosfor yang pada kondisi masam terikat sebagai Al-P dan Fe-P (Matosziuk et al., 2019). Kombinasi 75% nanokompos dan 25% pupuk anorganik menghasilkan sistem pemupukan seimbang, dengan suplai hara cepat dari pupuk anorganik dan pelepasan bertahap dari nanokompos yang membantu mengurangi kehilangan hara melalui pencucian (Nurhidayati dkk., 2023).

Nanokompos memperbaiki pH Ultisol yang masam (pH 5,43) melalui efek penyangga bahan organik dengan mengikat Al^{3+} dan H^+ serta melepaskan basa organik (Weil, Brady, & Weil, 2016), sehingga meningkatkan ketersediaan hara, khususnya fosfor yang pada kondisi masam terikat sebagai Al-P dan Fe-P (Matosziuk et al., 2019). Kombinasi 75% nanokompos dan 25% pupuk anorganik menciptakan pemupukan yang lebih efisien melalui suplai hara cepat dan pelepasan bertahap yang menekan kehilangan hara akibat pencucian (Nurhidayati dkk., 2023).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P3 (50% TKKS + 50% kotoran sapi) secara konsisten lebih tinggi dibandingkan P2 (50% TKKS + 50% solid decanter) dan P1 (100% TKKS), karena kombinasi tersebut menghasilkan nanokompos dengan kandungan hara lebih lengkap dan seimbang. Kotoran sapi kaya N, P, K, Ca, dan Mg (Zakri & Adam, 2021) serta unsur mikro seperti Fe, Mn, Zn, Cu, B, dan Mo (Zuhro dkk., 2019), sehingga efektif meningkatkan kesuburan Ultisol yang memiliki C-organik rendah (0,68%). Selain itu, rasio C/N kotoran sapi (15–25) lebih rendah dibandingkan TKKS (40–60) (Hapsoh et al., 2016), sehingga mempercepat dekomposisi dan mineralisasi. Kombinasi keduanya menghasilkan rasio C/N optimal

(25–35) yang meminimalkan imobilisasi dan meningkatkan ketersediaan nitrogen pada tanah dengan N total rendah (Zakri & Adam, 2021; Septiyana et al., 2021).

Kotoran sapi memiliki tekstur yang lebih halus dan mudah bercampur dengan tanah dibandingkan TKKS yang berserat kasar. Hal ini memudahkan perbaikan struktur tanah, peningkatan porositas, dan perbaikan aerasi tanah (Pancapalaga *et al.*, 2024). Pada tanah Ultisol yang sering memiliki masalah pemadatan dan aerasi buruk, penambahan kotoran sapi dapat memperbaiki kondisi fisik tanah sehingga pertumbuhan akar lebih optimal.

Secara kimia, kotoran sapi memiliki efek penyangga lebih kuat dibandingkan TKKS dalam meningkatkan pH Ultisol hingga kisaran 5,5–6,0 yang optimal bagi kelapa sawit (Hidayat dkk., 2020), sehingga meningkatkan ketersediaan P, Ca, Mg, dan Mo serta menekan toksisitas Al dan Mn (Nurjanah dkk., 2025). Kotoran sapi juga mengandung hormon dan enzim pemacu tumbuh (Setyawan et al., 2020), dan bila dikombinasikan dengan TKKS yang kaya K serta memperbaiki struktur media, menghasilkan keseimbangan hara dan kondisi fisik tanah yang lebih baik (Pramuji & Fathurrahman, 2024), dengan catatan harus melalui pengomposan sempurna (Fathurrahman et al., 2024).

Perlakuan T4 (75% nanokompos + 25% pupuk anorganik) memberikan hasil tertinggi pada seluruh parameter karena menyediakan hara cepat pada fase awal dan suplai bertahap pada fase berikutnya (Qur'ania et al., 2026). Pola ini lebih efisien dibandingkan pupuk anorganik atau nanokompos tunggal, bahkan setara atau lebih tinggi dari 100% pupuk anorganik, dengan peningkatan efisiensi hingga 300–400% akibat berkurangnya kehilangan hara melalui pencucian, volatilisasi, dan fiksasi pada Ultisol ber-KTK rendah (Nurhidayati dkk., 2023). Perbaikan pH, peningkatan KTK, dan aktivitas mikroba pelarut hara turut meningkatkan ketersediaan P yang sebelumnya terikat Al dan Fe pada pH 5,43 (Nurjanah dkk., 2025), sehingga sinergi hara organik dan anorganik mampu mengoptimalkan serapan hara tanaman (Nurhidayati dkk., 2025).

KESIMPULAN DAN SARAN

Interaksi antara macam bahan nanokompos dengan dosis pemupukan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan biomassa bibit tanaman kelapa sawit pada fase *main nursery*, dimana rekomendasi kombinasi perlakuan P2T4 (75% Nanokompos tandan kosong sawit + *solid decanter* dengan menggunakan 25% pupuk Anorganik), P1T4 (75% Nanokompos tandan kosong sawit dengan menggunakan 25% pupuk Anorganik) dan perlakuan P1T1 (tanpa nanokompos tandan kosong sawit dengan menggunakan pupuk Anorganik 100%) menunjukkan hasil yang sama tingginya dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya, namun perlakuan P2T4 (75% Nanokompos tandan kosong sawit + *solid decanter* dengan menggunakan 25% pupuk Anorganik) lebih direkomendasikan untuk pemanfaatan limbah industri kelapa sawit yang selama ini menjadi masalah lingkungan dan pengurangan dosis pupuk anorganik. Aplikasi macam bahan nanokompos berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan biomassa bibit tanaman kelapa sawit

pada fase *main nursery*, dimana perlakuan P3 (nanokompos TKKS + Kotoran sapi) memberikan pengaruh terbaik pada semua parameter dibandingkan perlakuan P1 (Tandan Kosong Kelapa Sawit) dan P2 (TKKS + *solid decanter*). Aplikasi dosis pemupukan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan biomassa bibit tanaman kelapa sawit pada fase *main nursery*, dimana perlakuan T4 (75% nanokompos + 25% pupuk Anorganik) memberikan pengaruh terbaik terhadap semua parameter dibandingkan dengan perlakuan T0 (kontrol), T1 (100% pupuk Anorganik), T2 (100% nanokompos) dan T3 (50% nanokompos + 50% pupuk Anorganik). Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi dosis yang lebih luas untuk mengetahui dosis optimum nanokompos yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman serta mengkaji pengaruh nanokompos dalam fase tanaman muda dan menghasilkan di lapangan

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Program studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Unisma yang telah memberikan fasilitas selama pelaksanaan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Qaim, M., K.T. Sibhatu, H. Siregar, I. Grass. 2020. Environmental, economic, and social consequences of the oil palm boom. *Annu. Rev. Resour. Econ.* 12, 321–344. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-110119-024922>
- Sigalingging, R., Sumono, O.W. Pratiwi. 2024. The effect of npk fertiliser on oil palm coefficient as a baseline water management during the nursery phase. *Iop conf. Ser.: earth environ. Sci.* 1302, 012107. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1302/1/012107>
- Hapsoh, H., I.R. Dini, W. Wawan, 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. *J trop. Soils* 25, 61–69 <https://doi.org/10.5400/jts.2020.v25i2.61-69>
- Supriatna, J., M.R. Setiawati, R. Sudirja, C. Suherman, X. Bonneau. 2023. Migration from inorganic to organic fertilization for a more sustainable oil palm agro-industry. *Heliyon* 9, e22868. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22868>
- Windiastuti, e., suprihatin, y. bindar, u. hasanudin. 2022. Identification of potential application of oil palm empty fruit bunches (efb): a review. *Iop conf. Ser.: earth environ. Sci.* 1063, 012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1063/1/012024>
- Pratama, A., A. Nadhira, N.U. Angkat. 2025. The effect of empty fruit bunch composting duration and npk fertilizer on oil palm seedling planting media (*Elaeis guineensis* jacq) in nursery 9.

- Rini, M.V., M.P. Yansyah, M.A.S. Arif. 2022. The application of arbuscular mycorrhizal fungi reduced the required dose of compound fertilizer for oil palm (*Elaeis guineensis* jacq.) In nursery. Iop conf. Ser.: earth environ. Sci. 1012, 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1012/1/012011>
- Nurhidayati, A. Basit, S. I. Tito, N. U. S. Rahmawati. 2023. Peluang prospek teknologi nano dalam sistem pertanian indonesia. Unisma Press. Malang. 174 hlm
- Nurhidayati, N., A. Basit, M. Machfudz, & A. S. Ansari. 2023. Responses of soil respiration and organic carbon to organic soil amendments in upland paddy. Soil Science Annual, 74(2), 1-8.
- Chhipa, H., 2017. Nanofertilizers and nanopesticides for agriculture. Environ chem lett 15, 15–22. <https://doi.org/10.1007/s10311-016-0600-4>
- Dimkpa, C.O., P.S. Bindraban, 2018. Nanofertilizers: new products for the industry? J. Agric. Food chem. 66, 6462–6473. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02150>
- Purwanto, B., W. Shaliy, 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. Agric. J. 8, 407–421. <https://doi.org/10.37637/ab.v8i2.2356>
- Walmadri, W., M.I. Abdillah, A.S. Sutanto, F. Khairad. 2023. Pengaruh aplikasi kompos tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq) terhadap pertumbuhan vegetatif bibit di main nursery. Cultivate 1, 53–64. <https://doi.org/10.34007/cultivate.v1i2.363>
- Yosephine, I.O., H. Wijaya, E.J. Lubis. 2022. Effect of market waste compost and compound fertilizer application on the vegetative growth of oil palm seedling (*elaeis guineensis* jacq) in ultisol growing media. Jtep-l 11, 438. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v11i3.438-450>
- Ariyanti, M., F.G. Firma, S. Rosniawaty, C. Suherman. 2022. Respons pertumbuhan bibit kelapa sawit dengan pemberian kompos pelepah, tandan kosong kelapa sawit, dan air cucian beras. J. Agro ind. Perkeb. 33–44. <https://doi.org/10.25181/jaip.v10i1.2456>
- Pane, K.N., H. Walida, S.H.Y. Saragih, B.A. Dalimunthe. 2023. Analisis karakteristik sifat biologi tanah ultisol setelah di inkubasi dengan kompos limbah buah dan sayuran. Alulum 11, 85–90. <https://doi.org/10.47662/alulum.v11i2.466>
- Havlin, J., S.L. Tisdale, W.L. Nelson, J.D. Beaton. 2016. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management, eighth edition. Ed. Pearson, tamil nadu, india. Lal, r., 2020. Soil organic matter and water retention. Agronomy journal 112, 3265–3277. <https://doi.org/10.1002/agj2.20282>
- Liu, R., R. Lal. 2016. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Science of the total environment 514,

131–139. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.104>

- Kah, M., N. Tufenkji, J.C. White. 2019. Nano-enabled strategies to enhance crop nutrition and protection. *Nat. Nanotechnol.* 14, 532–540. <https://doi.org/10.1038/s41565-019-0439-5>
- Mujizat, Y., N. Namriah, S. Leomo, D. Darwis, S. Alam, R. Resman. 2023. Variabilitas kandungan c-organik pada tanah ultisol yang diberi berbagai jenis bahan organik untuk pertumbuhan tanaman sawi. *Agronu* 2, 82–90. <https://doi.org/10.53863/agronu.v2i02.772>
- Weil. R. Ray, N.C. Brady, R.R. Weil. 2016. The nature and properties of soils, fifteenth edition. Ed. Pearson, columbus.
- Matosziuk, L.M., Y. Alleau, B.K. Kerns, J. Bailey, M.G. Johnson, J.A. Hatten. 2019. Effects of season and interval of prescribed burns on pyrogenic carbon in ponderosa pine stands in the southern blue mountains, oregon, usa. *Geoderma* 348, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.04.009>
- Maryani, a.t., 2018. Efek pemberian decanter solid terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq) dengan media tanah bekas lahan tambang batu bara di pembibitan utama. *J. Caraka tani* 33, 50. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v33i1.19310>
- Tepsour, M., N. Usmanbaha, T. Rattanaya, R. Jariyaboon, S. O-Thong, P. Prasertsan, P. Kongjan. 2019. Biogas production from oil palm empty fruit bunches and palm oil decanter cake using solid-state anaerobic co-digestion. *Energies* 12, 4368. <https://doi.org/10.3390/en12224368>
- Nurjanah, R.F., M. Mahbub, H. Ifansyah. 2025. Pengaruh pemberian kombinasi limbah decanter solid dan abu boiler kelapa sawit terhadap perubahan beberapa sifat kimia tanah ultisols. *Actasolum* 3, 75–85. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v3i2.2883>
- Setyawan, H., S.M. Rohmiyati, J.H. Purba. 2020. Application of cow manure, urea and npk fertilizer combination on the growth of palm oil (*Elaeis guineensis* jacq) in pre-nursery. *Agro. Bali. Agric. J.* 3, 74–83. <https://doi.org/10.37637/ab.v3i1.419>
- Pramuji, B., Fathurrahman. 2024. Respon pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq) terhadap dosis bokashi batang pisang dan npk mutiara 16:16:16 di main-nursery. *Dp* 39, 193–202. [https://doi.org/10.25299/dp.2023.vol39\(3\).16432](https://doi.org/10.25299/dp.2023.vol39(3).16432)
- Fathurrahman, F., , Q. Fajar, F. Doni, S. Zahrah, Maizar, R. Yusuf, Z. Arman. 2024. The effects of npk fertilizer and coconut husk ash as ameliorant on growth and photosynthetic rate of oil palm seedlings in peat media. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.* 14, 976–985. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.14.3.19663>
- Qur'ania, A., N. Nurhidayati, S. Gunawan, , S.I. Tito E. Rahayu, 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. Bio web conf. 209, 02003.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/202620902003>

Nurhidayati, N., A. Basit, S. I. Tito, & A. Qur'ania. 2025. Boosting Rice Nutrient Uptake and Grain Yield Through Co-Application of Natural Elicitor, Powder Compost, and NPK Under Greenhouse Conditions. In BIO Web of Conferences (Vol. 201, p. 02002). EDP Sciences.

Schober, P., C. Boer, L.A. Schwarte. 2018. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. Anesthesia & analgesia 126, 1763–1768.
<https://doi.org/10.1213/ane.0000000000002864>

Ariyanti, M., S. Rosniawaty, F. Nadiyah. 2023. Pengaruh aplikasi Bacillus sp. dan kompos tandan kosong kelapa sawit terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit. Agrikultura 34, 306.
<https://doi.org/10.24198/agrikultura.v34i2.43170>

Imansyah, A., N.M. Titiaryanti, S. Suryanti. 2023. Pengaruh kombinasi pupuk npk dan pupuk organik cair terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) Di pre nursery. Agritech 25, 1.
<https://doi.org/10.30595/agritech.v25i1.17068>

Mudhita, I.K., S. Saprudin, M. Mundzir. 2020. The effect of bio organic fertilizer on growth of palm oil (*Elaeis guineensis* jack) six months age in main nursery. J. Trop. Anim.sci.technology 2, 1–11.
<https://doi.org/10.32938/jtast.v2i1.595>

Hasibuan, a.h., pauliz budi hastuti, ety rosa setyawati. 2022. Pengaruh macam bahan dan konsentrasi compost tea terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di pre nursery. Mul. Agri-tek. Mul. Ind. Ilmu. Ilmu. Ind 23, 16–19.
<https://doi.org/10.33319/agtek.v23i1.109>

Agronomic Advisory Department, M.S. Yaakob, R. Ishak, A.R. Tajuddin, E.S. Tugiman, C.C. Tan, Z.H. Saadul Kurzi, S.O. Syed Rastan, Sdn Bhd. diversatech fertilizer. 2023. Assessment of slow release organic fertiliser in oil palm seedling growth. The planter 99.
<https://doi.org/10.56333/tp.2023.015>