

Respon Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Terhadap Perlakuan Kombinasi Pupuk NPK dengan Kompos POME pada Tanah Ultisol di Polybag

*Growth Response of Cocoa Seedlings (*Theobroma Cacao L.*) to The Combination of NPK with POME Compost on Ultisol Soil in Polybags*

Ridawati Marpaung, *Rudi Hartawan, dan Jippo Daniel Manurung

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Batanghari.

Jl. Slamet Riyadi-Broni, Jambi (36122), Indonesia. Telp +62074160103

*e-mail korespondensi: rudi.hartawan@unbari.ac.id

Abstract. This study aims to obtain the best combination dose of NPK fertilizer and POME compost to support the growth of cocoa seedlings (*Theobroma cacao L.*) in polybag planting media. The study used a completely randomized design with a single factor design of a combination treatment of NPK fertilizer with POME compost (s) with 6 levels in 3 kg of ultisol soil as follows, s₀ (control); s₁ (100% NPK (8 g per polybag)); s₂ (100% POME compost (200 g per polybag)); s₃ (75% NPK (6 g per polybag) + 25% POME compost (50 g per polybag)); s₄ (50% NPK (4 g per polybag) + 50% POME compost (100 g per polybag)); s₅ (25% NPK (2 g per polybag) + 75% POME compost (150 g per polybag)). Observation variables in this study include: plant height, stem diameter, dry weight of the crown, as well as the crown-root ratio, dry weight of the crown, leaf area, leaf color and seedling quality index. The observation data were analyzed using analysis of variance and continued with the DNMR α 5% test. The results of the analysis of variance showed that the combination of NPK fertilizer with POME compost had a significant effect on the parameters of plant height, leaf area, leaf color, dry weight of the crown, and the crown-root ratio, but had no significant effect on the diameter stem weight, root dry weight, and seedling quality index. Treatment s₂ (100% POME compost (200 g)) provided the highest average values for all observed parameters.

Keywords: Cocoa, POME compost, NPK, seedlings

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dosis kombinasi pupuk NPK dan kompos POME terbaik untuk menunjang pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao L.*) pada media tanam polibag. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap satu faktor dengan rancangan perlakuan kombinasi pupuk NPK dengan kompos POME (s) dengan 6 taraf dalam 3 kg tanah ultisol sebagai berikut, s₀ (kontrol); s₁ (100% NPK (8 g per polybag)); s₂ (100% kompos POME (200 g per polybag)); s₃ (75% NPK (6 g per polybag) + 25% kompos POME (50 g per polybag)); s₄ (50% NPK (4 g per polybag) + 50% kompos POME (100 g per polybag)); s₅ (25% NPK (2 g per polybag) + 75% kompos POME (150 g per polybag)). Variabel pengamatan dalam penelitian ini antara lain : tinggi tanaman, diameter batang, berat kering tajuk, serta nisbah tajuk-akar, berat kering tajuk, luas daun, warna daun dan indeks kualitas bibit. Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam dan dilanjutkan uji DNMR α 5%. Hasil analisis ragam menunjukkan pemberian kombinasi pupuk NPK dengan kompos POME berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, luas daun, warna daun, berat kering tajuk, serta nisbah tajuk-akar, akan tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap diameter batang, berat kering akar, dan indeks kualitas bibit. Perlakuan s₂ (100% kompos POME (200 g)) memberikan nilai rata-rata tertinggi pada seluruh parameter pengamatan.

Kata kunci : Kakao, kompos POME, NPK, pembibitan

PENDAHULUAN

Sektor perkebunan Indonesia menempatkan kakao sebagai komoditas strategis yang menyokong stabilitas ekonomi nasional. Selain menjadi tumpuan hidup jutaan petani lokal, kakao berperan vital dalam perolehan devisa negara. Merujuk pada laporan *International Cocoa Organization (ICCO)* tahun 2023, Indonesia berhasil mengukuhkan posisi sebagai produsen kakao terbesar keempat secara global. Produksi kakao tahun 2025 mencapai 630,59 ribu ton dan tahun 2026 diprediksi naik 0,26% menjadi 632,23 ribu ton dan merupakan komoditas ekspor ketiga terbesar setelah kelapa sawit dan karet (Pusdatin Kementan RI, 2025). Prestasi ini sekaligus menempatkan Indonesia sebagai pemimpin pasar di wilayah Asia dan meningkatkan posisi tawar komoditas perkebunan nasional di kancah internasional. Fakta ini mencerminkan potensi besar yang dimiliki oleh sektor kakao Indonesia untuk terus berkembang di masa mendatang. Dengan demikian, pengembangan sektor kakao tidak hanya penting untuk meningkatkan kesejahteraan petani, tetapi juga untuk memperkuat ketahanan ekonomi nasional melalui peningkatan ekspor dan perolehan devisa (Direktorat Statistik Tanaman Pangan, 2024).

Guna mempertahankan produktivitas tanaman, peremajaan tanaman tua dan pembukaan lahan baru memerlukan bibit yang berkualitas. Kualitas bibit sangat ditentukan oleh bahan tanam dan kesuburan media tanam yang digunakan. Umumnya, pembibitan kakao menggunakan tanah jenis ultisol. Merujuk pada Septiaji dkk. (2024), luas tanah jenis ultisol di Indonesia mencapai 45,8 juta hektar atau 25% dari luas lahan di Indonesia. Tanah jenis ultisol dikategorikan sebagai jenis tanah yang memiliki kendala kesuburan cukup kompleks. Permasalahan utamanya meliputi tingkat keasaman (pH) yang tinggi, kandungan bahan organik yang rendah, serta minimnya ketersediaan unsur hara makro. Salah satu hambatan paling signifikan adalah ketersediaan fosfor (P) yang sangat terbatas akibat fiksasi oleh unsur aluminium dan besi. Secara pedologis, Ultisol terbentuk dari proses pelapukan batuan induk tua yang telah mengalami pencucian intensif dalam jangka waktu yang lama. Tanah ini memiliki berbagai keterbatasan sebagai media tanam yang ditunjukkan oleh karakteristik seperti porositas yang rendah, kejenuhan basa kurang dari 35%, pH yang bersifat asam, serta tingkat kejenuhan aluminium yang tinggi.

Tanah jenis ultisol perlu mendapatkan tambahan hara dari proses pemupukan. Penambahan pupuk NPK menjadi krusial dalam budidaya tanaman karena kandungan unsur hara pada bahan organik sering kali belum mencukupi kebutuhan nutrisi tanaman secara cepat, terutama pada tanah Ultisol yang memiliki tingkat kesuburan alami sangat rendah. Meskipun pemberian pupuk merupakan upaya utama untuk meningkatkan hasil produksi, penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus tanpa diimbangi penambahan bahan organik telah memicu degradasi kualitas lahan. Rata-rata kadar bahan organik (C-organik) pada tanah Ultisol umumnya tergolong rendah hingga sangat rendah, sering kali berkisar antara 0,13%–1,89%. Kandungan rendah ini disebabkan oleh proses pelapukan lanjut, pencucian intensif, dan erosi di daerah beriklim basah (Yosephine dkk., 2025).

Indonesia adalah produsen *Palm Oil Mill Effluent* (POME) terbesar di dunia, dengan volume mencapai lebih dari 98 juta per tahun, berbanding lurus dengan produksi minyak sawit. Kompos POME kaya akan unsur hara N, P, K, Ca, dan Mg yang meningkatkan kesuburan tanah (Surya dkk., 2019). Integrasi antara kompos pupuk organik (POME) dengan anorganik (NPK) secara berimbang dipandang sebagai solusi alternatif yang efektif untuk menjaga produktivitas lahan dan melestarikan lingkungan (Supriatna dkk., 2022 ; Lau dkk., 2024).

Hasil penelitian Mintah dkk. (2025), menunjukkan bahwa aplikasi pupuk NPK memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan bibit kakao, khususnya pada peningkatan bobot kering bibit. Disisi lain, penggunaan bahan organik juga terbukti krusial Palihakkara dkk. (2022), melaporkan bahwa pemberian pupuk kompos POME dengan dosis 120 g per polibag mampu menghasilkan diameter batang tertinggi sebesar 1,60 cm pada bibit tanaman kakao. Angka tersebut menunjukkan peningkatan sebesar 33,41 persen dibandingkan dengan kontrol. Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Tuesta dkk. (2024) dengan hasil yang hampir sama. Hal ini menegaskan pentingnya asupan hara dari kompos POME bagi pertumbuhan vegetatif tanaman kakao. Untuk lebih mengoptimalkan pertumbuhan bibit kakao selama pembibitan, digunakan kombinasi pupuk kompos POME dari kelapa sawit dan pupuk anorganik NPK. Karena penyediaan unsur hara dari pupuk kompos POME dari kelapa sawit lebih lambat tersedia, sementara dengan pemberian pupuk NPK, bibit tanaman kakao dapat segera memanfaatkan unsur hara yang dibutuhkan selama pertumbuhan vegetatif. Dengan demikian, pertumbuhan bibit tanaman kakao menjadi lebih baik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan, terhitung sejak Agustus hingga November 2025. Seluruh operasional lapangan dipusatkan di Lahan Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Batanghari, Jambi, sementara analisis pertumbuhan dan kimia dilakukan di Laboratorium Dasar Unbari serta Balai Penerapan Modernisasi Pertanian (BRMP) Jambi. Objek penelitian utama adalah bibit kakao varietas F1 hibrida berusia 3 bulan yang ditanam dalam polibag berukuran 25 cm x 35 cm. Intervensi nutrisi diberikan melalui kombinasi pupuk NPK (16:16:16) dan kompos POME. Selain peralatan lapangan manual, penelitian ini didukung oleh instrumen presisi, seperti jangka sorong, timbangan analitik, hingga Leaf Area Meter (LAM), dengan pengaturan intensitas cahaya menggunakan paranet berkerapatan 60%.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan rancangan perlakuan kombinasi pupuk NPK 16-16-16 dengan pupuk kompos POME (s) dengan 6 taraf dengan menggunakan 3 kg tanah ultisol/polybag. Kombinasi perlakuan yang dicobakan adalah sebagai berikut: s0 (kontrol); s1 (100% NPK (8 g per polybag)); s2 (100% kompos POME (200 g per polybag)); s3 (75% NPK (6 g per polybag) + 25% kompos POME (50 g per polybag)); s4 (50% NPK (4 g per polybag) + 50% kompos POME (100 g per polybag)); s5 (25% NPK (2 g per polybag) + 75% kompos POME (150 g per polybag)). Setiap unit perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali sehingga terdapat total 18 plot percobaan, setiap plot menampung 4 tanaman dengan rincian 3 tanaman sebagai sampel pengamatan dan 1 tanaman sebagai cadangan. Secara keseluruhan, penelitian ini melibatkan populasi sebanyak 72 tanaman.

Tahap persiapan lahan dimulai dengan pembersihan gulma serta perataan area penelitian yang dipilih

berdasarkan aksesibilitas terhadap sumber air. Guna menjamin keamanan tanaman dari gangguan hewan, sekeliling lokasi percobaan seluas 4 m x 3 m dipasang pagar pengaman menggunakan waring.

Proses penyiapan media tanam dimulai dengan pengambilan sampel tanah ultisol dari lapisan *topsoil* sedalam 30 cm pada empat titik sampling di Lahan Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Batanghari, Jambi. Untuk memperbaiki struktur fisik liatnya, tanah ultisol dibersihkan dan dihancurkan. Pemberian perlakuan Kompos POME dilakukan dengan mencampurkan kompos ke dalam 3 kg tanah ultisol sesuai dosis Kompos POME yang ditetapkan dalam rancangan perlakuan. Media tanam yang telah dicampur secara homogen kemudian dimasukkan ke dalam polibag dan diinkubasi selama 7 hari sebelum masa tanam. Aplikasi pupuk kompos POME hanya dilakukan satu kali sebagai dosis dasar selama periode percobaan.

Tahap pemindahan bibit ke dalam polibag didahului dengan proses seleksi untuk menjamin homogenitas materi tanaman. Kriteria bibit kakao yang dipilih meliputi pertumbuhan yang seragam pada usia 3 bulan, memiliki rentang tinggi antara 25 hingga 35 cm, serta telah mencapai fase pertumbuhan 6 hingga 8 helai daun dengan kondisi vigor yang prima, sehat secara visual, serta terbebas dari gejala serangan hama maupun patogen penyakit sebelum digunakan sebagai objek unit percobaan. Sebelum dilakukan pemindahan ke media percobaan, perakaran bibit dibersihkan dari sisa media asal menggunakan air mengalir guna meminimalisir risiko kontaminasi media serta mencegah terjadinya stres pada tanaman. Bibit yang telah bersih kemudian ditanam ke dalam polibag sesuai dengan pembagian unit perlakuan yang telah ditetapkan. Aplikasi pupuk NPK dilakukan satu kali selama masa percobaan 7 hari setelah tanam dengan metode tabur di sekeliling pangkal batang. Guna mencegah kehilangan unsur hara akibat penguapan (*volatilisasi*), pupuk yang telah ditaburkan segera ditutup kembali dengan lapisan tanah secara merata.

Pemeliharaan tanaman dilakukan secara intensif untuk menciptakan kondisi iklim mikro yang optimal bagi pertumbuhan bibit kakao, meliputi penyiraman rutin pada pukul 07.00 WIB atau 16.30 WIB serta pengendalian gulma (*penyiangan*) yang tumbuh di dalam maupun di sekitar polibag guna menekan kompetisi hara.

Parameter pertumbuhan yang diobservasi dalam penelitian ini meliputi tinggi tanaman (cm), diameter batang (mm), luas daun total (cm²), berat kering tajuk (g), berat kering akar (g), nisbah tajuk-akar, indeks kualitas bibit, dan pengamatan visual terhadap warna daun serta analisis kimia tanah pascapenelitian. Seluruh data yang diperoleh kemudian diolah secara statistik menggunakan analisis ragam (*Anova*) untuk menguji signifikansi pengaruh perlakuan. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh yang nyata, maka dilakukan uji lanjut menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan (*DNMRT*) pada taraf $\alpha = 5\%$ guna menentukan perbedaan antartaraf perlakuan yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Tanah

Hasil analisis sifat kimia media tanam menunjukkan bahwa selama periode penelitian terjadi perubahan pada beberapa parameter kimia tanah, meliputi pH, C-Organik, N-Total, dan K. Perubahan ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis sifat kimia tanah awal dan akhir penelitian

No	Sifat Kimia	Kompos Solid	Tanah Awal	Media Tanam Akhir Penelitian					
				S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
1.	pH H ₂ O	7,47 (N)	2,93 (SM)	4,16 (SM)	3,98 (SM)	4,36 (SM)	3,96 (SM)	4,33 (SM)	3,82 (SM)
2.	C-Organik (%)	62,36 (ST)	1,74 (R)	1,00 (R)	0,87 (SR)	3,45 (T)	1,05 (R)	1,36 (R)	2,11 (S)
3.	N Total (%)	19,51 (S)	0,05 (SR)	0,13 (R)	0,12 (R)	0,24 (S)	0,02 (SR)	0,17 (R)	0,19 (R)
4.	P Bray (ppm)	0,19 (SR)	35,41 (ST)	5,34 (SR)	41,92 (ST)	37,12 (ST)	47,87 (ST)	43,17 (ST)	75,05 (ST)
5.	K HCl (mg K ₂ O 100g ⁻¹)	1,81 (R)	23,44 (S)	3,21 (SR)	4,43 (SR)	19,79 (R)	10,49 (R)	14,02 (R)	19,61 (R)

Keterangan : SM = Sangat Masam N = Netral T = Tinggi
 AM = Agak Masam S = Sedang ST = Sangat Tinggi
 M = Masam R = Rendah SR = Sangat Rendah

Berdasarkan Tabel 1, karakteristik awal tanah Ultisol menunjukkan kondisi yang sangat masam dengan kisaran pH 2,93 – 4,36 serta kandungan unsur hara yang tergolong rendah, kecuali pada unsur fosfor (P). Akhir penelitian, terjadi peningkatan nilai pH pada seluruh perlakuan (s₀-s₅) menjadi 3,82–4,36, meskipun secara klasifikasi masih tergolong sangat masam. Kandungan C-Organik yang awalnya rendah (1,74%) mengalami peningkatan signifikan pada akhir penelitian, terutama pada perlakuan s₂ (3,45%) dan s₅ (2,11%). Perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi media tanam ini merupakan dampak positif dari aplikasi Kompos POME yang berperan sebagai bahan organik, serta kontribusi unsur N, P, dan K dari pupuk NPK.

Kandungan N-Total tanah pada awal penelitian tergolong sangat rendah (0,05%), kemudian pada akhir penelitian menunjukkan peningkatan pada sebagian besar perlakuan, terutama s₂ (0,24%) dan s₅ (0,19%), meskipun

masih didominasi oleh kategori rendah hingga sedang. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan nitrogen cenderung meningkat, namun masih rendah. Kandungan unsur hara fosfor menunjukkan peningkatan yang cukup nyata dari kondisi awal (35,41 ppm) menjadi sangat tinggi pada seluruh perlakuan akhir dengan nilai tertinggi pada s5 (75,05 ppm), mengindikasikan akumulasi fosfor yang cukup besar. Sebaliknya, K-HCl mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi awal yang tergolong sedang (23,44 mg/100 g) menjadi rendah hingga sangat rendah pada seluruh perlakuan akhir. Secara umum, unsur hara N dan P cenderung meningkat, sedangkan K mengalami penurunan, yang mengindikasikan adanya ketidakseimbangan hara serta kemungkinan tingginya serapan atau pencucian kalium selama periode penelitian.

Pertumbuhan Bibit Kakao

Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian kombinasi pupuk NPK dan kompos POME memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi bibit tanaman kakao. Hasil uji DNMRT taraf $\alpha = 5\%$ terhadap tinggi tanaman bibit kakao untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman bibit kakao dengan perlakuan kombinasi NPK dan kompos POME

Perlakuan (NPK dan kompos POME)	Nilai Rata-rata Tinggi Tanaman (cm)
s ₂ = 100% Kompos POME(200g)	69,61 a
s ₄ = 50% (4g) + 50% (100g)	67,88 a
s ₅ = 25% (2g) + 75% (150g)	57,11 a
s ₁ = 100% NPK (8g)	55,77 ab
s ₃ = 75% (6g) + 25% (50g)	54,99 ab
s ₀ = kontrol	41,44 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMRT taraf $\alpha 5\%$.

Hasil uji DNMRT menunjukkan bahwa tinggi tanaman bibit tanaman kakao dengan perlakuan NPK dan Kompos POME berbeda tidak nyata pada perlakuan s₂,s₄,s₅,s₁ dan s₃, tetapi berbeda nyata dengan kontrol s₀. Perlakuan s₁ berbeda tidak nyata dengan perlakuan s₃ dan s₀. Perlakuan S₂ (100% kompos POME 200 g) menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi yaitu 69,61 cm dan terendah pada perlakuan kontrol S₀ sebesar 41,44 cm. Terjadi peningkatan nilai tinggi tanaman pada perlakuan s₂ sebesar 67,97% dibandingkan dengan kontrol (s₀). Capaian ini didorong oleh kemampuan kompos POME dalam menaikkan pH tanah dari kondisi awal sangat masam (2,93) menjadi 3,82–4,36 diakhir penelitian. Menurut Enesi dkk. (2025), peningkatan pH berperan krusial dalam mereduksi toksisitas aluminium serta mengoptimalkan ketersediaan unsur hara, terutama fospor. Dilanjutkan oleh Gerke (2022), bahwa kenaikan kandungan C-organik pada perlakuan dengan proporsi kompos tinggi terbukti memperbaiki kapasitas tukar kation dan efisiensi serapan hara, yang pada akhirnya menunjang pertumbuhan tinggi tanaman secara optimal.

Meskipun demikian, aplikasi kombinasi kompos POME dan pupuk NPK dengan berbagai proporsi tetap menunjukkan performa pertumbuhan yang optimal dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan s₂. Perlakuan s₁ (100% NPK atau 8 g) memang mampu mendukung pertumbuhan bibit, namun mencatatkan nilai tinggi tanaman terendah dibandingkan dengan perlakuan s₂, s₃, s₄, dan s₅. Fenomena ini mengindikasikan bahwa pemberian pupuk kimia murni sebanyak 8 g tidak mampu memperbaiki karakteristik fisik tanah ultisol, sehingga efektivitas penyerapan hara tidak semaksimal perlakuan yang melibatkan bahan organik.

Diameter Batang

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian kombinasi pupuk NPK dengan kompos POME memberikan pengaruh tidak nyata terhadap diameter batang bibit tanaman kakao. Hasil uji DNMRT taraf $\alpha 5\%$ terhadap diameter batang bibit tanaman kakao untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata diameter batang bibit tanaman kakao dengan perlakuan kombinasi NPK dengan kompos POME

Perlakuan (NPK dengan kompos POME)	Nilai Rata-rata Diameter Batang (mm)
s ₂ = 100% kompos POME (200g)	10,77 a
s ₃ = 75% (6g) + 25% (50g)	10,29 a
s ₄ = 50% (4g) + 50% (100g)	9,90 a
s ₅ = 25% (2g) + 75% (150g)	9,52 a
s ₁ = 100% (8g)	9,27 a
s ₀ = kontrol	9,05 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMR taraf α 5%.

Hasil uji DNMR menunjukkan bahwa luas daun total bibit tanaman kakao dengan perlakuan NPK dan Kompos POME perlakuan s₂ berbeda tidak nyata dengan perlakuan s₅ dan s₄, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan s₁, s₃, dan s₀. Perlakuan s₄ berbeda tidak nyata dengan s₁ dan s₃ tetapi berbeda nyata dengan s₀. Nilai rata-rata luas daun total tertinggi diperoleh pada perlakuan s₂ (100% kompos POME 200 g) yaitu 2383,30 cm² dan terendah diperoleh pada perlakuan s₀ yaitu 583,87 cm². Nilai luas daun pada perlakuan S₂ sebesar 308,1% dibandingkan dengan kontrol (s₀). Menurut Violina dan Saragih (2026), respons positif ini berkaitan erat dengan suplai hara dan perbaikan sifat kimia tanah akibat aplikasi kompos POME serta NPK. Kompos POME berperan penting dalam meningkatkan kandungan C-organik dan memperbaiki struktur tanah sedangkan pemberian pupuk NPK memberikan ketersediaan unsur hara N, P dan K lebih cepat tersedia selama pertumbuhan bibit tanaman kakao yang pada gilirannya mendukung perkembangan sistem perakaran serta meningkatkan efisiensi penyerapan nitrogen (N) untuk pembentukan klorofil dan ekspansi daun.

Luas Daun Total

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian kombinasi pupuk NPK dengan kompos POME memberikan pengaruh nyata terhadap luas daun total bibit tanaman kakao. Hasil uji DNMR taraf α 5% terhadap luas daun total bibit tanaman kakao untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata luas daun total bibit tanaman kakao dengan pemberian kombinasi NPK dengan kompos POME

Perlakuan (NPK dengan kompos POME)	Nilai Rata-rata Luas Daun Total (cm ²)	
	Data Asli	Data Transformasi \sqrt{x}
s ₂ = 100% Kompos POME (200g)	2383,30	6,94 a
s ₅ = 25% (2g) + 75% (150g)	1857,76	6,54 a
s ₄ = 50% (4g) + 50% (100g)	1599,77	6,27 ab
s ₁ = 100% NPK (8g)	1037,30	5,46 bc
s ₃ = 75% (6g) + 25% (50g)	825,73	5,32 bc
s ₀ = kontrol/tanpa perlakuan	583,87	4,90 c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMR taraf α 5%.

Hasil uji DNMR menunjukkan bahwa luas daun total bibit tanaman kakao dengan perlakuan NPK 16-16-16 dan kompos POME perlakuan s₂ berbeda tidak nyata dengan perlakuan s₅ dan s₄, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan s₁, s₃, dan s₀. Perlakuan s₄ berbeda tidak nyata dengan s₁ dan s₃ tetapi berbeda nyata dengan s₀. Nilai rata-rata luas daun total tertinggi diperoleh pada

Luas daun total pada perlakuan s₂ (100% kompos POME 200 g) yaitu 2383,30 cm² dan terendah diperoleh pada perlakuan s₀ yaitu 583,87 cm². Nilai luas daun pada perlakuan s₂ sebesar 308,1% dibandingkan dengan kontrol (s₀). Pengaruh nyata perlakuan terhadap luas daun total berkaitan dengan peran unsur hara dan perbaikan sifat kimia tanah karena perlakuan kompos POME dan NPK. Menurut Irawan dkk. (2024) bahwa kompos POME berkontribusi dalam meningkatkan kandungan C-organik tanah dan memperbaiki struktur tanah. Kondisi ini mendukung perkembangan sistem perakaran dan meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, khususnya nitrogen (N) yang berperan penting dalam pembentukan klorofil dan pertumbuhan daun.

Pupuk NPK sebagai sumber hara makro yang berimbang berperan dalam mendukung proses fisiologis tanaman. Unsur N mendorong pembelahan dan pembesaran sel daun, fosfor (P) berperan dalam transfer energi dan pertumbuhan jaringan, sedangkan kalium (K) membantu meningkatkan aktivitas enzim dan efisiensi fotosintesis. Namun, pada perlakuan NPK tanpa kompos (S₁), luas daun yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang mendapat kompos dalam jumlah lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan hara yang

didukung oleh perbaikan kondisi tanah akibat Kompos POME lebih efektif dalam menunjang pembentukan luas daun dibandingkan dengan pemberian pupuk anorganik saja. Kombinasi Kompos POME memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan luas daun total bibit kakao melalui perbaikan sifat tanah dan optimalisasi pemanfaatan unsur N, P dan K.

Warna Daun

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kombinasi pupuk NPK dan kompos POME memberikan pengaruh nyata terhadap warna daun bibit tanaman kakao. Hasil uji DNMRT taraf α 5% terhadap warna daun bibit tanaman kakao untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata warna daun bibit tanaman kakao dengan perlakuan kombinasi NPK dengan kompos POME

Perlakuan (NPK dengan kompos POME)	Nilai Rata-rata Warna Daun		Skala
	Data Asli		
$s_2 = 100\%$ Kompos POME (200g)	4,46	a	Hijau tua
$s_5 = 25\%$ (2g) + 75% (150g)	4,43	a	Hijau tua
$s_4 = 50\%$ (4g) + 50% (100g)	4,2	a	Hijau tua
$s_3 = 75\%$ (6g) + 25% (50g)	3,83	a	Hijau
$s_1 = 100\%$ (8g)	3,5	a	Hijau
$s_0 =$ kontrol	2,4	b	Hijau agak kekuningan

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMRT taraf α 5%.

Hasil uji DNMRT menunjukkan bahwa warna daun bibit tanaman kakao dengan perlakuan NPK dan kompos POME pada perlakuan s_2, s_5, s_4, s_3 , dan s_1 berbeda tidak nyata, akan tetapi berbeda nyata dengan kontrol (s_0). Perlakuan s_2 menghasilkan rata-rata skala warna daun hijau tua dengan nilai tertinggi yaitu 4,46 dan terendah pada perlakuan kontrol s_0 sebesar 2,4. Fenomena perubahan intensitas warna daun ini sejalan dengan respons variatif kandungan unsur hara N, P, dan K di dalam media tanam pada setiap taraf perlakuan. Kandungan N-Total pada akhir penelitian meningkat dibandingkan dengan tanah awal, terutama pada perlakuan kombinasi NPK dan kompos POME, yang menunjukkan adanya suplai nitrogen dari pupuk anorganik serta mineralisasi bahan organik dari kompos. Unsur P mengalami peningkatan yang cukup nyata hingga kategori sangat tinggi yang diduga akibat kontribusi pupuk NPK serta peningkatan ketersediaan P karena perbaikan pH dan kompleksasi aluminium oleh bahan organik. Sementara itu, kandungan K-HCl juga meningkat pada seluruh perlakuan. Menurut Mahdi dkk. (2022) bahwa kompos POME berperan sebagai sumber K sekaligus membantu mempertahankan K dalam serapan tanah sehingga tidak mudah tercuci.

Berat Kering Tajuk

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian kombinasi pupuk NPK dan kompos POME memberikan pengaruh nyata terhadap berat kering tajuk bibit tanaman kakao. Hasil uji DNMRT taraf α 5% terhadap berat kering tajuk bibit tanaman kakao untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata berat kering tajuk bibit tanaman kakao dengan perlakuan kombinasi NPK dengan kompos POME

Perlakuan (NPK dengan kompos POME)	Nilai Rata-rata Berat Kering Tajuk (g)	
	Data Asli	Data Transformasi \sqrt{x}
$s_2 = 100\%$ Kompos POME (200g)	25,98	5,09 a
$s_4 = 50\%$ (4g) + 50% (100g)	22,59	4,72 a
$s_5 = 25\%$ (2g) + 75% (150g)	20,35	4,48 ab
$s_3 = 75\%$ (6g) + 25% (50g)	17,77	4,19 ab
$s_1 = 100\%$ NPK (8g)	12,89	3,51 bc
$s_0 =$ kontrol	8,47	2,88

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMRT taraf α 5%.

Hasil uji DNMRT menunjukkan bahwa berat kering tajuk tanaman kakao dengan perlakuan NPK dengan kompos POME berbeda tidak nyata pada perlakuan s_2, s_4, s_5 dan s_3 , tetapi berbeda nyata dengan perlakuan s_1 dan s_0 . Selanjutnya, perlakuan s_5, s_3 , dan s_1 berbeda tidak nyata satu sama lain, tetapi berbeda nyata terhadap kontrol (s_0).

Nilai rata-rata berat kering tajuk tertinggi diperoleh pada perlakuan s_2 (100% Kompos POME 200 g) yaitu sebesar 25,98 g dan terendah pada perlakuan kontrol s_0 sebesar 8,47 g. Terjadi peningkatan nilai berat kering tajuk pada perlakuan s_2 sebesar 206,7% dibandingkan dengan kontrol (s_0). Peningkatan ini berkorelasi dengan perbaikan sifat kimia tanah akibat aplikasi kompos POME, khususnya melalui peningkatan C-organik yang memperbaiki struktur media. Menurut Hardiyanti dkk. (2025) Ketersediaan nitrogen (N) dari pupuk NPK dan mineralisasi bahan organik berperan vital dalam pembentukan jaringan vegetatif (daun dan batang), didukung oleh fosfor (P) dalam proses transfer energi fotosintesis, serta kalium (K) yang mengoptimalkan aktivitas enzimatis dan translokasi asimilat ke bagian tajuk.

Rendahnya akumulasi berat kering tajuk pada perlakuan kontrol (s_0) dan perlakuan NPK tunggal (s_1) mengindikasikan bahwa pemberian pupuk anorganik tanpa suplementasi bahan organik kurang efektif pada tanah Ultisol. Hal ini disebabkan oleh karakteristik tanah ultisol yang sangat masam dan defisien bahan organik, sehingga membatasi efisiensi penyerapan hara oleh tanaman. Kondisi ini menyebabkan sebagian unsur hara mudah tercuci atau terfiksasi sehingga tidak optimal diserap tanaman. Dengan demikian, peningkatan berat kering tajuk bibit kakao merupakan akibat langsung dari kombinasi ketersediaan N, P dan K yang seimbang serta perbaikan kondisi tanah melalui penambahan C-organik dari kompos POME yang pada akhirnya meningkatkan pertumbuhan vegetatif.

Berat Kering Akar (g)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian kombinasi pupuk NPK dengan kompos POME memberikan pengaruh tidak nyata terhadap berat kering akar bibit tanaman kakao. Hasil uji DNMRT taraf α 5% terhadap berat kering akar bibit tanaman kakao untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata berat kering akar bibit tanaman kakao dengan pemberian kombinasi NPK dan kompos POME

Perlakuan (NPK dengan kompos POME)	Nilai Rata-rata Berat Kering Akar (g)	
	Data Asli	Data Transformasi \sqrt{x}
$s_2 = 100\%$ Kompos POME (200 g)	8,89	2,97 a
$s_3 = 75\%$ (6 g) + 25% (50 g)	8,31	2,87 a
$s_0 =$ kontrol	7,62	2,75 a
$s_4 = 50\%$ (4 g) + 50% (100 g)	7,5	2,70 a
$s_1 = 100\%$ NPK (8 g)	6,57	2,54 a
$s_5 = 25\%$ (2 g) + 75% (150 g)	5,98	2,43 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMRT taraf α 5%.

Hasil uji DNMRT menunjukkan bahwa berat kering akar bibit tanaman kakao dengan perlakuan NPK dan Kompos POME berbeda tidak nyata antara perlakuan s_2, s_3, s_0, s_4, s_1 dan s_5 satu sama lain. Nilai rata-rata berat kering akar tertinggi diperoleh pada perlakuan s_2 (100% kompos POME 200 g) sebesar 8,89 g dan terendah pada perlakuan s_5 sebesar 5,98 g. Terjadi peningkatan nilai berat kering akar pada perlakuan s_2 sebesar 16% dibandingkan dengan kontrol (s_0). Trend positif pada perlakuan berbasis kompos POME ini berkaitan erat dengan peran C-organik dalam memperbaiki karakteristik fisik dan kimia tanah, seperti struktur, aerasi, serta kapasitas retensi air. Menurut Franzluebbbers (2022), kondisi media yang lebih gembur dan lembap terbukti menunjang penetrasi serta pemanjangan akar. Selain itu, ketersediaan fosfor yang lebih optimal akibat aplikasi bahan organik berperan krusial dalam pembelahan sel dan perkembangan jaringan, mengingat fosfor merupakan unsur esensial dalam pembentukan sistem perakaran. Unsur kalium juga mendukung aktivitas fisiologis akar, termasuk penyerapan air dan hara.

Nisbah Tajuk Akar

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian kombinasi pupuk NPK dengan kompos POME memberikan pengaruh nyata terhadap nisbah tajuk akar bibit tanaman kakao. Hasil uji DNMRT taraf α 5% terhadap nisbah tajuk akar bibit tanaman kakao untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata-rata nisbah tajuk akar bibit tanaman kakao dengan perlakuan kombinasi NPK dan kompos POME

Perlakuan (NPK dengan kompos POME)	Nilai Rata-rata Nisbah Tajuk Akar	
	Data Asli	Data Transformasi \sqrt{x}
$s_5 = 25\%$ (2 g) + 75% (150 g)	3,38	1,84 a
$s_4 = 50\%$ (4 g) + 50% (100 g)	3,13	1,76 ab
$s_2 = 100\%$ kompos POME (200 g)	2,98	1,71 ab
$s_3 = 75\%$ (6 g) + 25% (50 g)	2,13	1,45 bc
$s_1 = 100\%$ NPK (8 g)	1,92	1,36 cd
$s_0 =$ kontrol	1,14	1,05 d

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMRT taraf α 5%.

Hasil uji DNMRT menunjukkan bahwa nisbah tajuk akar bibit tanaman kakao dengan perlakuan NPK dengan kompos POME pada perlakuan s_5 , s_4 , s_2 berbeda tidak nyata, tetapi berbeda nyata terhadap s_1 dan s_0 . Perlakuan s_4 , s_2 dan s_3 berbeda tidak nyata satu sama lain. Perlakuan s_5 menghasilkan rata-rata nisbah tajuk akar tertinggi yaitu 3,38 g dan terendah pada perlakuan kontrol s_0 sebesar 1,14 g. Terjadi peningkatan nilai nisbah tajuk akar pada perlakuan s_5 sebesar 196,4% dibandingkan dengan kontrol s_0 . Menurut Hardiyanti dkk. (2025) Tingginya nilai NTA mengindikasikan dominasi pertumbuhan tajuk dibandingkan dengan akar. Hal ini menunjukkan bahwa sinergi pupuk anorganik dan bahan organik mampu menjamin ketersediaan hara yang memadai, sehingga tanaman cenderung mengalokasikan hasil fotosintesisnya untuk pembentukan organ bagian atas. Perlakuan dengan NTA tinggi umumnya berkorelasi dengan bobot kering tajuk yang lebih besar, mengingat berat kering akar tidak menunjukkan perbedaan nyata di antara seluruh perlakuan.

Indeks Kualitas Bibit

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian kombinasi pupuk NPK dengan kompos POME memberikan pengaruh tidak nyata terhadap indeks kualitas bibit tanaman kakao. Hasil uji DNMRT taraf α 5% terhadap indeks kualitas bibit tanaman kakao untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rata-rata indeks kualitas bibit tanaman kakao dengan pemberian kombinasi NPK dan kompos POME

Perlakuan (NPK dengan kompos POME)	Nilai Rata-rata Indeks Kualitas Bibit	
	Data Asli	Data Transformasi \sqrt{x}
$s_2 = 100\%$ Kompos POME (200g)	3,71	1,92 a
$s_3 = 75\%$ (6 g) + 25% (50 g)	3,45	1,85 ab
$s_4 = 50\%$ (4 g) + 50% (100 g)	3,02	1,72 ab
$s_0 =$ kontrol	2,81	1,67 ab
$s_5 = 25\%$ (2 g) + 75% (150 g)	2,80	1,66 ab
$s_1 = 100\%$ NPK (8 g)	2,40	1,53 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMRT taraf α 5%.

Hasil uji DNMRT menunjukkan bahwa indeks kualitas bibit menunjukkan nilai rata-rata indeks kualitas bibit tanaman kakao berbeda tidak nyata antara perlakuan s_2, s_3, s_4, s_0 dan s_5 , tetapi berbeda nyata dengan perlakuan s_1 . Nilai rata-rata indeks kualitas bibit tertinggi diperoleh pada perlakuan s_2 sebesar 3,71 g dan terendah pada perlakuan s_1 sebesar 2,40 g. Terjadi peningkatan nilai indeks kualitas bibit pada perlakuan s_2 sebesar 32% dibandingkan kontrol s_0 . Secara keseluruhan, aplikasi pupuk NPK dan kompos POME menghasilkan nilai indeks kualitas bibit berkisar antara 2,40 hingga 3,71. Mengacu pada kriteria Budiadi dkk. (2022) yang menetapkan ambang batas indeks kualitas bibit minimal 0,09 untuk bibit siap tanam, maka hasil penelitian ini menegaskan bahwa seluruh bibit kakao pada perlakuan tersebut memiliki kualitas yang sangat baik dan siap dipindahkan ke lapangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis ragam, perlakuan kombinasi pupuk NPK dengan kompos POME memberikan pengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, luas daun, warna daun, berat kering tajuk, serta nisbah tajuk-akar bibit kakao. Sebaliknya, perlakuan tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap parameter diameter batang, berat kering akar, dan indeks kualitas bibit tanaman kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan s_2 (100% kompos POME 200 g) secara konsisten memberikan nilai rata-rata tertinggi pada seluruh parameter pengamatan. Dibandingkan dengan kontrol, perlakuan ini meningkatkan tinggi tanaman sebesar 67,97% (69,61 cm) dan diameter batang sebesar 19% (10,77 mm). Lonjakan paling signifikan terlihat pada parameter luas daun yang meningkat

sebesar 308,1% (2383,30 cm²) dengan kualitas visual warna daun mencapai skala 4,46 (hijau tua). Selain itu, akumulasi biomassa pada berat kering tajuk meningkat tajam sebesar 206,7% (25,98 g), sementara berat kering akar dan indeks kualitas bibit masing-masing mengalami peningkatan sebesar 16% (8,89 g) dan 32% (3,71).

DAFTAR PUSTAKA

- Budiadi, B., Widiyatno, W., Nurjanto, H. H., Hasani, H., & Jihad, A. N. 2022. Seedling growth and quality of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. under growth media composition and controlled salinity in an ex situ nursery. *Forests*, 13(5), 684.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2024. Statistik Perkebunan Jilid I 2022-2024. Direktorat Statistik Tanaman Pangan, H. dan P. (2024). Badan Pusat Statistik BPS-Statistics Indonesia (Vol. 8).
- Enesi, R. O., Dyck, M., Chang, S., Thilakarathna, M. S., Fan, X., Strelkov, S., & Gorim, L. Y. 2023. Liming remediates soil acidity and improves crop yield and profitability: a meta-analysis. *Frontiers in Agronomy*, 5, 1194896.
- Franzluebbers, A. J. (2022). Soil organic matter, texture, and drying temperature effects on water content. *Soil Science Society of America Journal*, 86(4), 1086-1095.
- Gerke, J. 2022. The central role of soil organic matter in soil fertility and carbon storage. *Soil Systems*, 6(2), 33.
- Hardiyanti, R. A., Puri, S. R., Handayani, R., Rif'atunidaudina, R., Rumondang, J., Yandi, W. N., & Muryunika, R. 2025. Perbandingan Laju Fotosintesis pada Tanaman Tanjung (*Mimusops elengi* Linn.) dan Tanaman Merbau Darat (*Intsia palembanica*) pada Berbagai Media Tanam: Comparison of Photosynthesis Rates in Tanjung (*Mimusops elengi* Linn.) and Merbau Darat (*Intsia palembanica*) on Various Growing Media. *Journal Silva Tropika*, 9(1), 153-162.
- Irawan, B., Fitriyaningsih, W., Farisi, S., Handayani, K., & Hadi, S. 2024. Addition of Fungal Inoculum in Composting of Palm Oil Mill Effluent Sludge (PMOs) on Peanut (*Arachis hypogea* L.) Growth. *Research Inventy: International Journal of Engineering And Science*, 14(1), 94-101.
- Lau, G. W., King, P. J., Chubo, J. K., King, I. C., Ong, K. H., Ismail, Z., ... & Shamsi, I. H. 2024. The potential benefits of palm oil waste-derived compost in embracing the circular economy. *Agronomy*, 14(11), 2517.
- Mahdi, M. Z., Titisari, Y. N., Hadiyanto, H., & Christwardana, M. 2022. Evaluation of Spirulina, Nannochloropsis, and Chlorella micro-algae growth in Palm Oil Mill Effluent (POME) medium with variation of medium types and time of adding nutrients. *Journal of Bioresources and Environmental Sciences*, 1(1), 27-32.
- Mintah, L. O., Osei-Bonsu, N. O., Ulzen, J., & Ofosu-Budu, G. 2025. Response of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings to multi-nutrient fertilizer application in soilless growing media. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 8(3), e70183.
- Palihakkara, I. R., Rodrigo, W. D. P., & Ekanayake, E. M. U. I. (2022). Growth performances of cocoa (*Theobroma cacao*) varieties under mature oil palm with palm oil mill effluent as growing media. *Sri Lankan Journal of Agriculture and Ecosystems*, 4(2).
- Pusdatin Kementan RI. 2025. Buku Outlook Komoditas Perkebunan Kakao. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian 2025. Jakarta. 94 hal.
- Septiaji, E. D., Bimasri, J., & Amin, Z. 2024. Karakteristik sifat fisik tanah ultisol berdasarkan tingkat kemiringan lereng. *AGRODIX: Jurnal Ilmu Pertanian*, 7(2), 41-49.
- Supriatna, J., Setiawati, M. R., Sudirja, R., Suherman, C., & Bonneau, X. 2022. Composting for a more sustainable palm oil waste management: a systematic literature review. *The Scientific World Journal*, 2022(1), 5073059.
- Surya, E., Hanum, H., Hanum, C., Rauf, A., Hidayat, B., & Harahap, F. S. 2019. Effects of composting on growth and uptake of plant nutrients and soil chemical properties after composting with various comparison of POME. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 5(6).
- Tuesta, O. A., Tuesta, J. C., Rafael-Rutte, R., Arévalo-Gardini, E., Vela, L. J. M., & Arévalo-Hernández, C. O. 2024. Effect of oil palm compost and sandy soil on the growth of cacao (*Theobroma cacao* L.) seedlings. *Agronomía Mesoamericana*, 35(1).
- Vinolina, N. S., & Saragih, C. J. 2026. The effect of empty fruit bunch (EFB) compost and palm oil mill effluent (POME) concentrate on the pre-nursery of palm oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) for sustainable agriculture. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1583, No. 1, p. 012002). IOP Publishing.
- Yosephine, I. O., Maisarah, M., Guntoro, G., & Lubis, A. R. 2025. Analisis Kadar Bahan Organik Pada Tanah Ultisol di Perkebunan Kelapa Sawit Fase TBM (Tanaman Belum Menghasilkan) dan TM (Tanaman Menghasilkan). *JURNAL AGROPLASMA*, 12(2), 684-696.