

Pertumbuhan Bibit Pinang (*Areca catechu* L.) dan Efisiensi Biaya Pemupukan pada Kombinasi Pupuk Kascing dan NPK

*¹Yulistiat Nengsih, ¹Hayata, ¹Try Putra Prasetyo, ²Adilla Adistya, dan ³Liz Yanti Andriani

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Batanghari

²Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian Universitas Batanghari

Jl. Slamet Riyadi-Broni-Jambi, 36122

³Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Jambi

Jl. Lintas Jambi-Muaro Bulian, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi 36657

*¹e-mail korespondensi: yulistiat.nengsih@unbari.ac.id

Abstract. The use of ultisol soil as a nursery medium is constrained by low soil fertility. This study aims to determine the growth of *Areca nut seedlings (Areca catechu L.)* in various compositions of vermicompost and NPK fertilizer in polybags to overcome nutrient availability constraints in the soil. This study was conducted at the Experimental Station of the Faculty of Agriculture, Batanghari University from July to November 2024. This study used a completely randomized design with one factor. The treatments were vermicompost and NPK fertilizer (k) with 6 levels as follows: k_0 =without vermicompost and NPK fertilizer, k_1 = 30 g vermicompost, k_2 = 10 g NPK fertilizer, k_3 = 22.5 g vermicompost + 2.5 g NPK fertilizer, k_4 = 15 g vermicompost + 5 g NPK fertilizer, k_5 = 7.5 g vermicompost + 7.5 g NPK fertilizer. The parameters observed were plant height, stem diameter, total leaf area, shoot dry weight, root dry weight, soil water content, root volume, soil chemical analysis. The combination treatment of vermicompost fertilizer with NPK fertilizer affected all parameters, namely plant height, stem diameter, total leaf area, shoot dry weight, root dry weight, and root volume. Based on data analysis, it can be said that the k_5 treatment, namely a combination of 25% vermicompost fertilizer + 75% NPK fertilizer, will increase seedling height by 27.27%, seedling stem diameter by 50.10%, total leaf area by 65.40%, shoot dry weight by 64.55%, root dry weight by 130.57%, and root volume by 96.18% when compared to the control. The k_1 treatment gave the highest value of planting media water content, increasing by 25.56% when compared to the control. The combination of vermicompost fertilizer with NPK fertilizer is showed the best performance in areca nut cultivation. The cost of k_5 fertilization increased by 7.25%, but there was an increase in seedling height of 12.5%; stem diameter 34.57%; total leaf area 49.23%; shoot dry weight 37%; root dry weight 35.58; soil water content 26.51%, and root volume 68%. The R/C ratio of areca nut seedlings was 1.87.

Keywords: growth, fertilizer efficiency, vermicompost and NPK fertilizer, areca nut

Abstract. Penggunaan tanah ultisol sebagai media pembibitan terkendala dengan tingkat kesuburan tanah yang rendah. Penelitian ini bertujuan mengetahui pertumbuhan bibit pinang (*Areca catechu* L.) pada berbagai komposisi pupuk kascing dan pupuk NPK di polibag dan untuk mengatasi masalah ketersediaan unsur hara. Penelitian telah dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Batanghari pada tanggal 7 Juli sampai 18 November 2024. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor. Perlakuan yang diuji yaitu pupuk kascing dan pupuk NPK (k) dengan 6 taraf dosis sebagai berikut: k_0 tanpa pemberian pupuk kascing dan pupuk NPK, k_1 30 g pupuk Kascing, k_2 10 g pupuk NPK, k_3 22,5 g pupuk kascing ditambah 2,5 g pupuk NPK, k_4 15 g pupuk kascing ditambah 5 g pupuk NPK, dan k_5 7,5 g pupuk kascing ditambah 7,5 g pupuk NPK. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, diameter batang, luas daun total, bobot kering tajuk, berat kering akar, kadar air tanah, volume akar, dan analisis kimia tanah. Perlakuan kombinasi pupuk kascing dengan pupuk NPK berpengaruh nyata terhadap semua parameter yaitu tinggi tanaman, diameter batang, luas daun total, bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan volume akar. Berdasarkan analisis data dapat dikatakan bahwa perlakuan k_5 yaitu kombinasi 25% pupuk kascing + 75% pupuk NPK meningkatkan tinggi bibit sebesar 27,27%, diameter batang bibit sebesar 50,10%, luas daun total 65,40%, bobot kering tajuk 64,55%, bobot kering akar 130,57%, dan volume akar 96,18% bila dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan k_1 memberikan nilai kadar air media tanam tertinggi, meningkat 25,56% bila dibandingkan dengan kontrol. Kombinasi pupuk kascing dengan pupuk NPK sangat dianjurkan dalam pembibitan pinang. Biaya pemupukan k_5 meningkat sebesar 7,25% namun terjadi peningkatan pertumbuhan tinggi bibit sebesar 12,5%; diameter batang 34,57%; luas daun total 49,23%; bobot kering tajuk 37%; bobot kering akar 35,58; kadar air tanah 26,51%, dan volume akar 68%. Nilai R/C ratio pembibitan pinang sebesar 1,87.

Kata Kunci: efisiensi pemupukan, pertumbuhan, pupuk kascing dan pupuk NPK, pinang.

PENDAHULUAN

Pinang (*Areca catechu* L.) merupakan salah satu komoditi strategis di Provinsi Jambi. Tanaman pinang dapat ditemui di seluruh Provinsi Jambi, namun yang utama berada di Kabupaten Tanjung Jabung Barat dan Tanjung Jabung Timur. Pada tahun 2020 luas areal pertanaman pinang di Provinsi Jambi mencapai 21.531 ha dengan produksi 13.447 ton. Sebagian besar (94%) budidaya pinang berada di Kabupaten Tanjung Jabung Barat dan Tanjung Jabung Timur, dengan luas masing-masing 15.518 ha dan 2.745 ha (BPS Provinsi Jambi, 2021).

Upaya meningkatkan produksi pinang dilakukan dengan pemeliharaan intensif dan perluasan areal tanam. Keberhasilan budidaya pinang sangat ditentukan oleh kualitas bibit yang dihasilkan, di mana media tanam dan ketersediaan unsur hara menjadi faktor penting dalam mendukung pertumbuhan optimal pada fase awal.

Khusus untuk perluasan areal tanam, diperlukan bahan tanam berupa bibit unggul dan sehat. Salah satu kegiatan di pembibitan adalah pemupukan yang bertujuan untuk menambah unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Pemupukan menjadi penting terutama media tanam yang digunakan adalah tanah jenis ultisol. Penggunaan media tanam dari tanah ultisol dengan tingkat kesuburan yang rendah, akan menghasilkan bibit pinang yang tidak bermutu (Sutariati et al., 2023).

Tanah ultisol merupakan salah satu jenis tanah masam di Indonesia yang mempunyai sebaran luas mencapai 38,4 juta ha atau sekitar 29,7% dari 190 juta hektar luas daratan Indonesia (Prasetyo et al., 2006). Tanah ultisol merupakan salah satu jenis tanah yang banyak dijumpai di wilayah tropis, termasuk Indonesia, khususnya di daerah Sumatera. Tanah ini dicirikan oleh tingkat kesuburan yang rendah, pH masam, kandungan bahan organik yang minim, serta ketersediaan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang terbatas. Selain itu, tingginya kejenuhan aluminium (Al) seringkali menjadi faktor pembatas utama bagi pertumbuhan tanaman, termasuk pada fase pembibitan.

Ditinjau dari luasnya, tanah Ultisol mempunyai potensi yang tinggi untuk pengembangan pertanian lahan kering. Namun demikian, pemanfaatan tanah ini menghadapi kendala karakteristik tanah yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman terutama tanaman pangan bila tidak dikelola dengan baik. Untuk mengatasi kendala tersebut dapat diterapkan teknologi pengapuran, pemupukan dan pemberian bahan organik (Pratiwi, 2013).

Upaya peningkatan kesuburan tanah ultisol dapat dilakukan melalui pemberian pupuk, baik organik maupun anorganik. Pupuk anorganik dikenal mampu menyediakan unsur hara secara cepat dan spesifik sesuai kebutuhan tanaman. Namun, penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus tanpa diimbangi dengan bahan organik dapat menurunkan kualitas tanah, seperti menurunnya struktur tanah dan aktivitas mikroorganisme. Sebaliknya, pupuk organik berperan dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, seperti meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), memperbaiki struktur tanah, serta meningkatkan aktivitas mikroba tanah. Namun, pupuk organik memiliki kelemahan dalam hal kecepatan penyediaan unsur hara yang relatif lambat.

Menurut Rehman et al. (2023) dan Oyege et al. (2023) bahan organik mampu menyediakan unsur hara bagi tanaman karena memiliki pori-pori makro dan mikro yang hampir seimbang, sehingga sirkulasi udara yang dihasilkan cukup baik, serta memiliki daya serap air yang tinggi. Salah satu pupuk dari bahan organik yang dapat dijadikan sebagai media tanam adalah kascing. Berdasarkan bahan penyusunnya, pupuk organik ini diproduksi dari media tempat hidup cacing, diantaranya sampah organik, serbuk gergaji, kotoran ternak, dan lain-lain. Pupuk organik kascing terbuat dengan melibatkan cacing tanah (*Lumbricus rubellus*). Kerjasama antara cacing tanah dengan mikroorganisme memberi dampak proses penguraian yang berjalan dengan baik. Kondisi tersebut menyebabkan pupuk organik kascing diproduksi ketika cacing tanah dibudidayakan. Pemanfaatan pupuk organik dapat menjadi solusi dalam rangka mengurangi penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan dan meningkatkan efisiensi biaya pemupukan.

Menurut Tanzil et al (2023) kascing memiliki keunggulan, yaitu mengandung berbagai unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Kascing mengandung nutrisi yang dibutuhkan tanaman, penambahan kascing pada media tanaman akan mempercepat pertumbuhan, meningkatkan tinggi dan berat tumbuhan. Jumlah optimal kascing yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil positif hanya 10- 20% dari volume media tanaman. Vermikompos merupakan salah satu pupuk organik dan sumber nutrisi bagi mikroba tanah. Dengan adanya nutrisi tersebut mikroba pengurai bahan organik akan terus berkembang dan menguraikan bahan organik dengan lebih cepat. Menurut Rehman et al. (2023) pupuk kascing mengandung beberapa unsur hara yang dibutuhkan tanaman seperti: Nitrogen (N) 1,50 mg, Fosfor (P) 70,3 mg, Kalium (K) 21,8 mg, Kalsium (Ca) 34,9 mg, Seng (Zn) 3,35 mg, Magnesium (Mg) 21,8 mg, Besi (Fe) 1,35 mg, Mangan (Mn) 66,1 mg, Bahan Organik (BO) 3,43 mg, Natrium (Na) 1,07 mg. Penggunaan pupuk kascing sebagai pupuk organik akan lebih baik bila dikombinasikan dengan pupuk anorganik.

Salah satu pupuk anorganik yang dapat digunakan adalah pupuk NPK. Pemanfaatan NPK memberikan beberapa keuntungan, diantaranya kandungan haranya lebih lengkap, pengaplikasiannya lebih efisien dari segi tenaga kerja, sifatnya tidak terlalu higroskopis sehingga tahan di simpan dan tidak cepat menggumpal. Kandungan unsur hara makro primer yang terdapat pada pupuk NPK yaitu: 16% unsur Nitrogen (N), 16% unsur Fosfor (P) dan 16% unsur Kalium (K), juga mengandung unsur hara mikro sekunder yaitu: Magnesium (Mg) 1,5% dan unsur Kalsium (Ca) 5% (PT. Saraswanti, 2020).

Berdasarkan dari penelitian Fadhlil dan Safnidar (2019), penggunaan kascing 20 g per polybag menghasilkan serapan N paling tinggi terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit. Berdasarkan dari Penelitian Atteya et al (2021), pemberian pupuk kascing 20 ton ha⁻¹ dan pupuk NPK 10 ton ha⁻¹ memberikan pengaruh nyata pada pertumbuhan dan hasil minyak tanaman *Moringa oleifera*. Berdasarkan penelitian Moradi et al. (2024), penggunaan kascing 50% anjuran, kotoran sapi dosis 100% anjuran, dan pupuk NPK 60% anjuran dapat mengurangi penggunaan pupuk nitrogen untuk meningkatkan produksi tanaman Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Hasil penelitian Sari dan Afrizon

(2023) tentang pemberian dosis pupuk kascing dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan bibit tanaman kakao bahwa perlakuan pupuk kascing mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, volume akar dan berat kering bibit, pada pemberian pupuk kascing dosis 15 g per polybag. Hasil penelitian Laia et al. (2021) menunjukkan bahwa kombinasi pupuk organik kascing dan pupuk NPK hanya berpengaruh sangat nyata pada tinggi bibit, diameter batang, serta panjang akar bibit kelapa sawit. Selanjutnya dari hasil penelitian Pamungkas et al. (2023), perlakuan pupuk NPK (15-15-15) dan pupuk kascing berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang, luas daun total, dan nisbah tajuk akar pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama.

Kombinasi antara pupuk organik dan pupuk anorganik menjadi salah satu pendekatan yang efektif untuk meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan. Kombinasi ini diharapkan dapat memberikan keseimbangan antara ketersediaan hara yang cepat dari pupuk anorganik dan perbaikan kualitas tanah dari pupuk organik.

Penggunaan pupuk organik penting karena bersifat ramah lingkungan. Hanya saja penggunaan pupuk organik tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman. Penggunaan pupuk anorganik secara total sangat baik bagi tanaman namun tidak bersahabat dengan lingkungan serta harga pupuk anorganik relatif tinggi. Untuk itu perlu dicari jalan tengah, baik bagi tanaman baik bagi lingkungan dengan biaya pemupukan yang efisien. Penggabungan pupuk organik dan anorganik merupakan solusi dan perlu diuji. Penggunaan pupuk kascing diharapkan dapat mengurangi penggunaan pupuk NPK dengan pembiayaan yang bersaing Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi pupuk kascing dan pupuk NPK terbaik untuk mendukung pertumbuhan bibit pinang sekaligus menentukan efisiensi pembiayaan pemupukannya.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Batanghari pada tanggal 7 Juli 2024 sampai 18 November 2024 serta di Laboratorium Dasar Fakultas Pertanian Unbari. Bahan yang digunakan adalah tanah ultisol sebagai media tanaman diambil dari Perum Bumi Mayang Mangurai yang digali pada kedalaman 20 cm, polibag ukuran 15 cm x 30 cm, bibit tanaman pinang umur 3 bulan berasal dari penangkaran Tri, jalan lintas Jambi-Palembang km 16 Rt 3 Dusun Catur Karya desa Pondok Meja Mestong Kabupaten Muaro Jambi.

Rancangan lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap dengan satu faktor. Rancangan perlakuan yang diuji yaitu kombinasi pupuk organik kascing dengan pupuk NPK pada media tanam 3 kg sebagai berikut: k_0 = (kontrol), k_1 = 100% (30 g) pupuk kascing, k_2 = 100% (10 g) pupuk NPK, k_3 = 75% (22,5 g) pupuk kascing + 25% (2,5 g) pupuk NPK, k_4 = 50% (15 g) pupuk kascing + 50% (5 g) pupuk NPK, k_5 = 25% (7,5 g) pupuk kascing + 75% (7,5 g) pupuk NPK. Penelitian terdiri dari 3 ulangan sehingga didapat 18 unit satuan percobaan dengan masing-masing 5 polibag. Setiap polibag terdapat satu tanaman sehingga total keseluruhan tanaman $6 \times 3 \times 5 = 90$ bibit. Setiap unit percobaan digunakan 3 tanaman sampel.

Area yang dijadikan tempat penelitian terlebih dahulu dibersihkan dari semua gulma yang dapat mengganggu tanaman. Tempat penelitian diratakan dan dipilih yang dekat dengan sumber air, kemudian pembuatan pembatas petak penelitian dengan menggunakan paranet berukuran 40%. Petak penelitian berukuran panjang 5 meter dan lebar 4 meter.

Tanah yang akan digunakan terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran. Pemberian perlakuan dengan cara 3 kg tanah dicampur dengan pupuk kascing sesuai perlakuan, diaduk rata kemudian dimasukkan ke dalam polybag, dan disusun sesuai dengan layout penelitian dan dibiarkan selama 1 minggu. Pemberian pupuk NPK sesuai dosis dilakukan pada umur 1 minggu setelah tanam dengan cara ditabur pada media tanam.

Bibit pinang yang digunakan berumur 3 bulan, sehat dan berukuran seragam. Bibit pinang di bongkar dari polibag awal akarnya dibersihkan menggunakan air mengalir. Sebelum penanaman terlebih dahulu dibuat lubang tanam pada media, selanjutnya bibit ditanam.

Pengendalian gulma dilakukan secara manual dengan cara mencabuti rumput di sekitar polibag. Untuk mencegah serangan hama dan penyakit dilakukan dengan cara menjaga kebersihan area tanaman tersebut. Penyiraman dilakukan satu kali sehari, bila turun hujan tidak dilakukan penyiraman. Penyiraman dilakukan dengan menggunakan wadah yang mempunyai ukuran 350 ml air yang diberikan untuk penyiraman sama untuk polibag.

Analisis sifat kimia tanah dilakukan pada awal dan akhir penelitian, sifat kimia tanah yang dianalisis yaitu: pH, N total, P tersedia, C-organik. Untuk analisis tanah awal sampel di ambil dari tanah yang belum diberi perlakuan. sedangkan untuk analisis tanah akhir penelitian diambil tanah masing-masing perlakuan dicampur secara komposit selanjutnya diambil satu sampel tanah untuk satu perlakuan. Analisis sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Pengujian Tanah dan Pupuk Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian Jambi. Parameter pertumbuhan bibit yang diamati adalah tinggi tanaman, diameter batang, luas daun, bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan indeks kualitas. Efisiensi pembiayaan meliputi biaya pupuk per bibit serta R/C ratio. Data analisis tanah ditabulasi dan ditentukan kriteria ketersediannya. Data pengamatan pertumbuhan tanaman dianalisis secara statistika menggunakan analisis

ragam. Tingkat signifikansi antar perlakuan diuji dengan uji lanjut DNMRT pada taraf α 5%. Data biaya pupuk ditabulasi dan dilakukan perhitungan sederhana untuk menentukan R/C ratio.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kimia Tanah

Hasil analisis sifat kimia tanah (Tabel 1) menunjukkan pH tanah relatif tidak ada perubahan antara pH awal dan akhir penelitian (kategori agak masam). Hasil analisis tanah menunjukkan unsur P mengalami peningkatan diakhir penelitian jika dibandingkan dengan analisis awal, unsur K relatif tidak ada perubahan (kategori sangat rendah dan rendah), unsur C-Organik dari awal penelitian sampai akhir penelitian mengalami penurunan tetapi pada perlakuan k_0 (kontrol) menjadi tinggi, unsur N diawal penelitian sampai akhir penelitian mengalami penurunan (sangat rendah).

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

No	Sifat Kimia Tanah	Tanah Awal	Akhir Penelitian					
			k_0	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5
1	pH (H ₂ O)	5,72 (AM)	5,45 (M)	6,32 (AM)	5,56 (AM)	5,81 (AM)	5,49 (M)	6,06 (AM)
2	P (Bray) (ppm)	11,52 (R)	13,14 (ST)	299,94 (ST)	448,18 (R)	463,89 (ST)	604,81 (ST)	215,29 (ST)
3	C-Organik (%)	1,21 (R)	1,31 (R)	5,10 (ST)	2,31 (S)	5,73 (ST)	5,18 (ST)	5,05 (ST)
4	N (Total) (%)	0,10 (SR)	0,07 (SR)	0,5 (S)	0,4 (S)	0,4 (S)	0,4 (S)	0,35 (S)
5	K-dd (cmol/kg)	nd	0,23 (R)	0,30 (S)	0,39 (S)	0,35 (S)	0,32 (S)	0,30 (S)

Keterangan: (AM) Agak Masam (S) Sedang (R) Rendah, (SR) Sangat Rendah (ST) Sangat Tinggi

Analisis tanah awal menunjukkan bahwa kondisi tanah kurang mendukung untuk tanaman tumbuh dengan baik. Secara umum pH masih berada pada kisaran masam–agak masam, khas tanah ultisol. Perlakuan k_2 (pH 6,32) dan k_5 (pH 6,06) menunjukkan peningkatan pH mendekati netral karena adanya pemberian kascing. pH yang meningkat meskipun belum mencapai netral akan meningkatkan ketersediaan hara (terutama P) dan mengurangi toksisitas Al dan Fe. Kandungan unsur P awal 11,52 ppm (rendah) dan P akhir 13,14 – 604,81 ppm (sangat tinggi). Terjadi peningkatan signifikan pada semua perlakuan. Nilai tertinggi pada k_4 (604,81 ppm). Peningkatan ini kemungkinan disebabkan oleh penambahan bahan organik kascing dan pupuk NPK, disamping itu peningkatan pH mengurangi fiksasi P oleh Al dan Fe. Kandungan C organik diawal 1,21% (rendah) dan akhir 1,31 – 5,73% (rendah – sangat tinggi). Terjadi peningkatan pada hampir semua perlakuan nilai tertinggi pada k_3 (5,73%), ini menunjukkan adanya input bahan organik kascing dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aktivitas mikroba.

Kandungan unsur Nitrogen (N) diawal 0,10% (sangat rendah) dan akhir 0,07 – 0,5% (sangat rendah – sedang). Secara umum terjadi peningkatan hingga kategori sedang. Nilai tertinggi pada k_2 (0,5%). Peningkatan N sejalan dengan peningkatan C-organik indikasi adanya mineralisasi bahan organik. Perlakuan k_1 menurun (0,07%) kemungkinan kehilangan N (leaching/volatilisasi). Perlakuan kombinasi kascing dan NPK cukup efektif meningkatkan ketersediaan nitrogen, meskipun belum optimal.

Unsur Kalium dapat ditukar (K-dd) diakhir penelitian: 0,23 – 0,39 cmol/kg (rendah – sedang). Terjadi peningkatan ke kategori sedang pada sebagian besar perlakuan. Tertinggi pada k_2 (0,39 cmol/kg). Kemungkinan sumber K dari perlakuan pupuk NPK atau terjadi mineralisasi bahan organik. Perlakuan mampu meningkatkan ketersediaan kalium, meskipun masih pada tingkat sedang.

Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa perlakuan kombinasi kascing dan NPK dapat memperbaiki sifat kimia tanah terutama Fosfor (P) sangat meningkat, C-organik meningkat, Nitrogen dan Kalium meningkat ke kategori sedang. Hal ini menunjukkan sifat ultisol mulai membaik pH meningkat, unsur hara tersedia meningkat dan kandungan bahan organik meningkat.

Pertumbuhan Tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi pupuk kascing dengan pupuk NPK berpengaruh nyata pada semua parameter yang diamati. Dapat dikatakan bahwa perlakuan k_3 memberikan hasil terbaik untuk parameter tinggi tanaman, diameter batang, luas daun total, bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan volume akar.

Peningkatan pertumbuhan tanaman tidak terlepas dari perubahan kesuburan tanah karena perlakuan kombinasi pupuk kascing dengan pupuk NPK. Kesuburan tanah yang meningkat akan menyediakan hara yang diperlukan oleh tanaman, baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro. Khusus untuk pupuk kascing dan pupuk NPK yang dominan menyediakan unsur hara N, P, dan K yang tergolong hara makro yang dibutuhkan dalam jumlah besar, maka kondisi ini akan menguntungkan tanaman karena kebutuhan haranya dapat terpenuhi. Sejalan dengan pendapat Prajapati dan Tandel (2021) dan Sirait (2024) kombinasi kascing dengan pupuk NPK dapat meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh akar tanaman. Hal ini terjadi karena kascing menyediakan unsur hara tambahan yang

mendukung pertumbuhan tanaman dan pupuk kascing juga dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas dan permeabilitas, serta kemampuan tanah untuk menahan air. Hal ini memungkinkan akar tanaman untuk menyerap unsur hara dengan lebih efektif.

Pupuk kascing mengandung unsur hara nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu, kascing juga mengandung hormon tumbuh seperti auksin dan sitokinin (Damaita et al., 2024). Pupuk NPK merupakan solusi efektif untuk meningkatkan kesuburan tanah dan hasil pertanian. Kandungan hara yang seimbang dari nitrogen, fosfor, dan kalium, pupuk ini mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal dan dapat diandalkan dalam praktik pertanian modern (Wuriesyiliane dan Saputro, 2021). Nilai rata-rata pertumbuhan tanaman yang diukur dengan tinggi tanaman, diameter batang, luas daun total, dan bobot kering tajuk disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata tinggi bibit, diameter batang, luas daun total, dan bobot kering tajuk bibit pinang pada berbagai komposisi pupuk kascing dan pupuk NPK umur 24 minggu

Kode Perlakuan	Perlakuan	Parameter			
		Tinggi Bibit (cm)	Diameter Batang (mm)	Luas Daun Total (cm ²)	Bobot Kering Tajuk (g)
k ₀	Kontrol	45,83 a	9,62 a	203,21 a	9,96 a
k ₁	100% (30 g) kascing	50,70 ab	9,91 a	222,25 a	10,59 ab
k ₂	100% (10 g) NPK	51,86 b	10,73 a	224,77 a	11,96 ab
k ₃	75% (22,5 g) kascing + 25% (2,5 g) NPK	52,32 b	11,00 ab	297,73 b	12,71 bc
k ₄	50% (15 g) + 50% (5 g) pupuk NPK	53,89 bc	13,15 bc	312,26 b	14,86 cd
k ₅	25% (7,5 g) kascing + 75% (7,5 g) NPK	58,33 c	14,44 c	336,12 b	16,39 d

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DNMR taraf α 5%

Tabel 2 menunjukkan pengaruh kombinasi pupuk kascing dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan bibit pinang umur 24 minggu dilihat dari tinggi bibit, diameter batang, luas daun total dan bobot kering tajuk. Secara umum terlihat bahwa semakin tinggi jumlah NPK dalam kombinasi, pertumbuhan bibit cenderung meningkat.

Perlakuan k₅ yaitu kombinasi 25% (7,5 g) kascing + 75% (7,5 g) NPK mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang, luas daun total, berat kering tajuk tanaman tertinggi (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi pupuk organik dan anorganik memberikan efek sinergis dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, dimana kascing memperbaiki sifat tanah dan NPK menyediakan unsur hara yang cepat tersedia bagi tanaman. Sejalan dengan hasil tersebut Sirait (2024) menyatakan bahwa kombinasi pupuk kascing dan pupuk NPK telah terbukti memberikan pengaruh yang signifikan dalam tinggi tanaman. Penelitian menunjukkan bahwa dosis optimal dari pupuk kascing dan NPK dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi bibit secara keseluruhan.

Pada parameter tinggi tanaman, terlihat bahwa perlakuan k₅ (kombinasi 25% kascing + 75% NPK) berbeda nyata dengan k₀. Pemberian pupuk kascing dan pupuk NPK dapat meningkatkan tinggi bibit secara significant, karena NPK berperan cepat menyediakan unsur Nitrogen yang merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman (tinggi bibit). Peranan nitrogen adalah dalam pembentukan klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis. Klorofil dalam tumbuhan bertindak sebagai penangkap energi cahaya matahari menjadi energi kimia. Menurut Mansyur et al. (2021) nitrogen berfungsi untuk meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman. Apabila unsur nitrogen tersedia lebih banyak daripada unsur lainnya, akan dapat dihasilkan protein lebih banyak. Semakin tinggi pemberian nitrogen semakin cepat pula sintesis karbohidrat yang diubah menjadi protein dan protoplasma.

Perlakuan k₅ (kombinasi 25% kascing + 75% NPK) juga dapat meningkatkan diameter batang bibit pinang, diameter bibit meningkat seiring dengan peningkatan dosis NPK. Hal ini menunjukkan bahwa unsur P dan K dari pupuk NPK dan pupuk organik kascing mampu mendukung pembentukan jaringan dan kekuatan batang. Posfor diperlukan untuk pertumbuhan permulaan dan pertumbuhan yang tegap. Menurut Mansyur (2021) unsur posfor mempunyai peranan aktif dalam transfer energi di dalam sel dan meningkatkan efisiensi kerja kloroplas. Disamping itu posfor mempunyai peranan penting dalam fotosintesis, pembentukan karbohidrat, dan protein. Seperti halnya nitrogen dan posfor, unsur kalium berperan sebagai katalisator dalam metabolisme dan memegang peranan penting dalam sintesis protein dalam asam amino. Disamping itu kalium berperan dalam mengatur pergerakan stomata dan hal yang berhubungan dengan air termasuk pertumbuhan turgornya.

Peningkatan diameter batang pada perlakuan k₅ disebabkan oleh kambium atau meristem lateral aktif. Yustiningsih (2019) menyatakan bahwa jaringan meristem akan membelah dan menumbuhkan sel lebih cepat jika fotosintat dapat diakses dalam jumlah yang cukup sehingga meningkatkan diameter batang lebih cepat. Dengan semakin bertambahnya fotosintat tersebut maka pembelahan sel-sel dalam jaringan meristem akan semakin aktif sehingga diameter batang akan bertambah. Peningkatan diameter batang pada perlakuan k₅ dibandingkan kontrol

sebesar 50,10%. Perlakuan k₅ mendorong aktivitas kambium gabus (felogen) dan meristem ujung akar bibit pinang aktif dalam pembelahan dan pertumbuhan sel.

Terjadi peningkatan luas daun total bibit pinang dengan pemberian kombiansi pupuk organik kascing dan pupuk anorgnik NPK, luas daun terbesar pada perlakuan k₅ walaupun secara statistik berbeda tidak nyata dengan perlakuan k₄ dan k₃. Kombinasi pupuk kascing dan pupuk NPK memebrikan efek yang sinergis, Kascing memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah sedangkan NPK menyediakan unsur hara N, P dan K dengan cepat. Peningkatan luas daun menunjukkan kemampuan fotosintesis yang meningkat juga.

Komponen penting dalam pertumbuhan vegetatif seperti luas daun adalah ketersediaan hara nitrogen. Menurut Mansyur et al. (2021) nitrogen dalam tanaman direduksi menjadi nitrit (NO₂-), lalu direduksi menjadi amonia (NH₃), reaksi ini terjadi dalam kloroplast. Selanjutnya dikatakan bahwa ion amonia diasimilasikan menjadi asam glutamat yang berfungsi sebagai bahan dasar dalam biosintesis asam amino dan asam-asam nukleat. Asam-asam amino merupakan pembentuk protein yang merupakan pembentuk protoplasma. Dengan kecukupan nitrogen, pembentukan protoplasma akan meningkat, yang berarti pembentukan organ vegetatif tanaman akan meningkat pula. Dalam hal ini ditekankan pada luas daun total. Salah satu faktor yang menentukan pertumbuhan tanaman adalah perbandingan pemakaian asimilat oleh daun dengan asimilat yang ditranslokasikan ke bagian tanaman lainnya (akar, batang, dan pucuk muda). Dengan bertambahnya luas daun maka karbohidrat yang dihasilkan akan bertambah. Selanjutnya Zahara dan Faudiyah (2021) menyatakan bahwa karbohidrat yang dihasilkan akan ditranslokasikan ke bagian yang terdekat. Dengan demikian perlakuan pupuk kombinasi kascing dengan pupuk NPK secara tidak langsung dapat meningkatkan kegiatan fotosintesis melalui perbaikan kualitas media tanam yang pada akhirnya akan dapat menambah luas daun total.

Pada Tabel 2 diketahui bahwa perlakuan k₅ memberikan nilai bobot kering tajuk tertinggi (16,39 g) dan menunjukkan perbedaan dengan perlakuan lainnya. Bobot kering tajuk mencerminkan akumulasi biomassa hasil fotosintesis. Bobot kering tajuk merupakan hasil keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis akan meningkatkan berat kering karena pengambilan CO₂ sedangkan respirasi mengakibatkan penurunan berat kering karena pengeluaran CO₂. Ini menunjukkan bahwa kebutuhan energi dan ketersediaan oksigen dalam sel juga mempengaruhi respirasi. Akibat respirasi, fotosintesis menjadi jauh lebih rendah daripada seharusnya. Namun, respirasi diketahui juga menjadi pemasukan beberapa komponen dasar proses fotosintesis. Dengan adanya respirasi, jaringan tumbuhan lebih terjaga keseimbangannya.

Peningkatan pertumbuhan tanaman juga diukur berdasarkan bobot kering akar dan volume akar seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata bobot kering akar, kadar air media tanam, dan volume akar bibit pinang pada berbagai komposisi pupuk kascing dan pupuk NPK umur 24 minggu

Kode Perlakuan	Perlakuan	Parameter		
		Bobot Kering Akar (cm)	Kadar Air Media (%)	Volume Akar (mm ³)
k ₀	Kontrol	3,14 a	12,44 ab	20,42 a
k ₁	100% (30 g) kascing	4,75 b	15,62 c	25,47 a
k ₂	100% (10 g) NPK	5,34 b	10,71 a	23,84 a
k ₃	75% (22,5 g) kascing + 25% (2,5 g) NPK	6,36 c	11,74 ab	30,93 b
k ₄	50% (15 g) + 50% (5 g) pupuk NPK	6,65 cd	13,85 bc	35,64 bc
k ₅	25% (7,5 g) kascing + 75% (7,5 g) NPK	7,24 d	13,55 bc	40,06 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DNMRT taraf α 5%

Peningkatan bobot kering akar sejalan dengan peningkatan pertumbuhan tajuk tanaman. Pada perlakuan k₅, bobot kering akar sebesar 7,24 g berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Kombinasi perlakuan k₅ menunjukkan keseimbangan antara ketersediaan unsur hara NPK dan perbaikan media oleh pupuk kascing. Kombinasi pupuk kascing dan pupuk NPK dapat meningkatkan penyerapan unsur hara dan aktivitas fisiologis akar. Peningkatan bobot kering akar menunjukkan sistem akar yang lebih baik. Bagian-bagian tanaman yang secara aktif terlibat dalam pengembangan dan penciptaan sel-sel baru akan menerima sebagian dari hasil fotosintesis. Hasil fotosintesis akan terakumulasi dalam bentuk biomass, selain di tajuk juga di bagian akar tanaman. Menurut Pasang et al. (2019) dan Wibowo et al. (2020), perkembangan akar ditentukan oleh faktor genetik, akan tetapi faktor lingkungan juga sangat berpengaruh.

Perlakuan k₁ yaitu perlakuan 100% pupuk kascing memberikan nilai kadar air media tanam tertinggi sebesar 15,62% namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan k₃ dan k₄. Hal ini karena pupuk kascing meningkatkan kemampuan tanah menahan air (*water holding capacity*). Kadar air media tanam terendah didapat pada perlakuan k₂

100% pupuk NPK yaitu 10,71%, hal ini karena pupuk NPK tidak berpengaruh besar terhadap kelembaban tanah. Secara teknis pupuk organik seperti kascing akan mempertahankan air tanah lebih banyak daripada media dengan kandungan kascing yang lebih rendah ataupun tanpa kascing. Pupuk organik mampu mengikat air lebih banyak sehingga kadar air tanah lebih tinggi dari perlakuan lainnya. Sejalan dengan hasil tersebut Yurniesari et al. (2018) dan Syed et al. (2022) mengemukakan bahwa pemberian kombinasi pupuk kascing dan NPK berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman karena kemampuan bahan organik dalam pupuk kascing memperbaiki struktur tanah. mempengaruhi kadar air tanah serta meningkatkan ketersediaan unsur hara NPK.

Volume akar tertinggi didapat pada perlakuan k₅ yaitu 40,06 mm³ dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Volume akar yang tinggi pada perlakuan k₅ sejalan dengan fakta bahwa bobot kering akar juga tertinggi pada perlakuan k₅. Volume akar mencerminkan luas eksplorasi akar dalam media. Kombinasi pupuk organik kascing dan pupuk anorganik NPK meningkatkan percabangan akar, panjang akar dan daya jelajah akar. Volume akar yang meningkat disebabkan oleh pertumbuhan tanaman yang meningkat. Hasil fotosintesis yang tinggi pada perlakuan k₅, sebagian ditransportasikan ke akar sehingga akar berkembang dengan maksimal.

Efisiensi Pembiayaan Pupuk

Efisiensi pembiayaan dalam pembibitan pinang merupakan aspek penting dalam menentukan keberhasilan usaha pembibitan, terutama dalam penggunaan input pupuk. Pupuk kascing sebagai pupuk organik memiliki keunggulan dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation, serta menyediakan unsur hara mikro. Sementara itu, pupuk NPK sebagai pupuk anorganik berfungsi menyediakan unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman secara cepat. Kombinasi kedua jenis pupuk ini menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan bibit sekaligus menekan biaya produksi.

Tabel 4. Biaya pupuk bibit pinang pada berbagai komposisi pupuk kascing dan pupuk NPK umur 24 minggu

Kode Perlakuan	Perlakuan	Biaya Pupuk (Rp.)		
		Kascing	NPK	Total
k ₀	Kontrol	0	0	0
k ₁	100% (30 g) kascing	105	0	105
k ₂	100% (10 g) NPK	0	80	80
k ₃	75% (22,5 g) kascing + 25% (2,5 g) NPK	78,75	20	98,75
k ₄	50% (15 g) + 50% (5 g) pupuk NPK	52,5	40	92,5
k ₅	25% (7,5 g) kascing + 75% (7,5 g) NPK	26,25	60	86,25

Dari sisi biaya, harga pupuk kascing sebesar Rp3.500 per kg lebih rendah dibandingkan pupuk NPK yang mencapai Rp 8.000 per kg. Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan k₅ memberikan nilai parameter tertinggi (Tabel 2 dan Tabel 3) dengan harga pupuk per batang Rp. 86,25 (Tabel 3). Harga pupuk terendah Rp. 80,00 didapat pada perlakuan k₂ yaitu 100% pupuk NPK, namun pertumbuhan tanaman jauh lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan k₅ (Rp. 86,25). Komposisi ini menunjukkan bahwa penggunaan kascing 25% akan meningkatkan biaya pupuk 7,25%, namun demikian terjadi peningkatan pertumbuhan tanaman dengan rincian sebagai berikut: tinggi bibit 12,5%; diameter batang 34,57%; luas daun total 49,23%; bobot kering tajuk 37%; bobot kering akar 35,58; kadar air tanah 26,51%, dan volume akar 68%. Dalam jumlah lebih besar mampu menekan biaya input dibandingkan apabila penggunaan NPK ditingkatkan.

Pada dasarnya efisiensi pembiayaan tidak hanya diukur dari rendahnya biaya, tetapi juga dari kemampuan menghasilkan output yang optimal. Kombinasi pupuk kascing dan NPK terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan bibit pinang, baik dari segi tinggi tanaman, diameter batang, maupun perkembangan akar. Hal ini berdampak pada meningkatnya kualitas bibit yang dihasilkan, sehingga peluang keberhasilan setelah penanaman di lapangan menjadi lebih tinggi. Dengan demikian, penggunaan kombinasi pupuk ini memberikan nilai tambah secara ekonomis.

Secara sederhana, efisiensi usaha dapat dianalisis menggunakan rasio R/C (Revenue Cost Ratio). Misalnya, jika satu bibit pinang dijual dengan harga Rp 7.000, dan biaya pembibitan sebesar Rp 4.000,00, maka nilai R/C ratio adalah $7.500 / 4.000 \approx 1,87$. Nilai R/C > 1 menunjukkan bahwa usaha pembibitan tersebut layak dan menguntungkan untuk dijalankan. Semakin tinggi nilai R/C ratio, maka semakin efisien usaha tersebut dalam memanfaatkan biaya untuk menghasilkan pendapatan.

Keuntungan Agronomi dan Ekonomi Jangka Panjang

Keuntungan jangka panjang dalam pembibitan pinang tidak hanya ditentukan oleh besarnya biaya awal, tetapi juga oleh keberlanjutan sistem produksi dan kualitas bibit yang dihasilkan. Penggunaan pupuk kascing dengan harga Rp3.500 per kg dan pupuk NPK Rp8.000 per kg memberikan kombinasi yang menguntungkan secara ekonomis dan

agronomis dalam jangka panjang. Kascing sebagai pupuk organik berperan dalam memperbaiki struktur media tanam, meningkatkan aktivitas mikroorganisme, serta memperbaiki ketersediaan unsur hara secara bertahap, sehingga menciptakan lingkungan tumbuh yang stabil bagi bibit.

Dalam jangka panjang, penggunaan kascing yang lebih dominan dibandingkan NPK dapat menekan biaya produksi secara berkelanjutan. Hal ini disebabkan karena kascing mampu meningkatkan kesuburan media tanam secara kumulatif, sehingga kebutuhan pupuk tambahan pada fase berikutnya dapat dikurangi. Dengan harga yang lebih murah, kascing menjadi alternatif efisien untuk menjaga produktivitas tanpa harus bergantung penuh pada pupuk kimia yang harganya relatif lebih tinggi dan fluktuatif. Sementara itu, penggunaan NPK dalam jumlah terbatas tetap diperlukan untuk memenuhi kebutuhan hara makro secara cepat, sehingga pertumbuhan bibit tetap optimal.

Keuntungan lainnya adalah peningkatan kualitas bibit yang berdampak langsung pada keberhasilan penanaman di lapangan. Bibit pinang yang dipelihara dengan kombinasi pupuk organik dan anorganik cenderung memiliki sistem perakaran yang lebih kuat, pertumbuhan lebih seragam, serta ketahanan yang lebih baik terhadap stres lingkungan. Dalam jangka panjang, hal ini akan menurunkan tingkat kematian tanaman setelah pindah tanam, sehingga mengurangi biaya penyulaman dan meningkatkan efisiensi usaha secara keseluruhan.

Selain itu, dari perspektif ekonomi usaha, pembibitan pinang yang efisien akan menghasilkan keuntungan berulang (sustainable profit). Dengan biaya pupuk dan pemeliharaan sekitar Rp 4.000 per bibit dan harga jual bibit Rp. 7.500,00, pelaku usaha dapat memperoleh margin keuntungan yang stabil. Jika usaha dilakukan dalam skala besar, efisiensi ini akan terakumulasi menjadi keuntungan yang signifikan dalam jangka panjang. Ditambah lagi, meningkatnya permintaan komoditas pinang di pasar ekspor turut membuka peluang usaha yang berkelanjutan. Dari sisi lingkungan, penggunaan kascing juga memberikan manfaat jangka panjang berupa peningkatan kesehatan tanah dan pengurangan dampak negatif akibat penggunaan pupuk kimia berlebih. Sistem pembibitan yang ramah lingkungan ini akan lebih tahan terhadap perubahan kondisi lahan dan iklim, sehingga mendukung keberlanjutan usaha pertanian dalam jangka panjang.

KESIMPULAN

Pemberian kombinasi pupuk organik kascing dan pupuk anorganik NPK berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit pinang (tinggi tanaman, diameter batang, luas daun total, berat kering tajuk, berat kering akar, kadar air media dan volume akar). Perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi 25% kascing dan 75% NPK mampu meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, luas daun total dan bobot kering tajuk, dan menghasilkan perkembangan sistem perakaran paling optimal. Hal ini menunjukkan adanya keseimbangan antara ketersediaan hara dan kondisi fisik media tanam yang menentukan perkembangan akar. Kascing berperan memperbaiki sifat fisik tanah dan meningkatkan kapasitas menahan air, sedangkan NPK menyediakan unsur hara.

Terjadi peningkatan biaya pemupukan pada perlakuan k5 sebesar 7,25% namun terjadi peningkatan pertumbuhan tinggi bibit sebesar 12,5%; diameter batang 34,57%; luas daun total 49,23%; bobot kering tajuk 37%; bobot kering akar 35,58; kadar air tanah 26,51%, dan volume akar 68%. Nilai R/C ratio pembibitan pinang sebesar 1,87.

DAFTAR PUSTAKA

- Atteya, A. K., Albalawi, A. N., El-Serafy, R. S., Albalawi, K. N., Bayomy, H. M., & Genaidy, E. A. (2021). Response of Moringa oleifera seeds and fixed oil production to vermicompost and NPK fertilizers under calcareous soil conditions. *Plants*, 10(10), 1998.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jambi. 2021. Badan Pusat Provinsi Jambi, Jambi.
- Fadhli, R., & Safridar, N. (2019). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Kascing dan Pupuk Organik Cair Top G2 Terhadap Pertumbuhan Bibit Pinang. *Jurnal Penelitian Agrosamudra*, 6 (2), 83-88.
- Laia, S., Sitorus, B., & Manurung, A. I. (2021). Pengaruh pemberian pupuk kascing dan pupuk npk terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Pre-Nursery. *Jurnal Agrotekda*, 5(1), 213-230.
- Mansyur, N. I., Pudjiwati, E. H., & Murtalaksono, A. (2021). *Pupuk dan pemupukan*. Syiah Kuala University Press.
- Moradi, S., Rokhzadi, A., Mohammadi, K., & Pasari, B. (2024). Reduced Nitrogen Loss and Sustained Seed Yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) by Optimizing the Use of NPK, Cow Manure, and Vermicompost. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 24(1), 572-585.
- Oyege, I., & Balaji Bhaskar, M. S. (2023). Effects of vermicompost on soil and plant health and promoting sustainable agriculture. *Soil Systems*, 7(4), 101.
- Pasang, Y. H., Jayadi, M., & Neswati, R. (2019). Peningkatan Unsur Hara Fospor Tanah Ultisol Melalui Pemberian Pupuk Kandang, Kompos dan Pelet. *Jurnal Ecosolum*, 8(2), 86-96.

- Pamungkas, B., Kristalisasi, E. N., & Himawan, A. (2023). Pengaruh Pupuk Kascing sebagai Campuran Media Tanam dan Pupuk NPK 15: 15: 15 terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Main Nursery. *Agroforetech*, 1(4), 2162-2168.
- Prajapati, V. M., & Tandel, M. B. (2021). Effect of integrated nutrient management on seedling growth and biomass of sandalwood (*santalum album L.*). *Indian Journal of Ecology*, 48(4), 1047-1050.
- Prasetyo, B. H., & Suriadikarta, D. A. (2006). Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(2), 39-46.
- Pratiwi, S. A. (2013). Pengaruh faktor pembentuk agregat tanah terhadap kemantapan agregat tanah latosol dramaga pada berbagai penggunaan lahan. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor
- PT. Saraswanti. 2020. Pupuk NPK dan Manfaatnya. <https://pupuknpk.id/pupuk-npk-fungsi-jenisnya/> (diakses tanggal 2 Maret 2025)
- Rehman, S. U., De Castro, F., Aprile, A., Benedetti, M., & Fanizzi, F. P. (2023). Vermicompost: Enhancing plant growth and combating abiotic and biotic stress. *Agronomy*, 13(4), 1134.
- Sari, W. K., & Alfrizon, I. (2023). Respons pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao L.*) terhadap aplikasi pupuk NPK dan kascing pada media tanam Ultisol. *soilrens*, 21(1), 26-33.
- Sirait, B. A., Manurung, A. I., & Sabrina, R. NPK Content Leaves of Oil Palm Seedling due to Vermicompost Treatment and NPK Fertilizer. *1st Conference of Business, Agribusiness and Agriculture*. page 74-80
- Sutariati, G. A. K., Muhidin, M., Rahni, N. M., Wibawa, G. N. A., & Mudi, L. (2023, May). The growth analysis of areca nut (*Areca cathecu L.*) seedlings on various compositions of growing media. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2596, No. 1). AIP Publishing.
- Syed, M., Sadi, K. T. M., Uddin, R., Devnath, A. K., & Rahman, M. K. (2022). Integrated effects of vermicompost, NPK fertilizers, cadmium and lead on the growth, yield and mineral nutrient accumulation in spinach (*Spinacia oleracea L.*). *Journal of Biodiversity Conservation and Bioresource Management*, 8(2), 13-24.
- Tanzil, A. I., Rahayu, P., Jamila, R., Fanata, W. I. D., Sholikhah, U., & Ratnasari, T. (2023). Pengaruh Sampah Organik Terhadap Karakteristik Kimia Vermikompos. *Agroradix: Jurnal Ilmu Pertanian*, 7(1), 67-76.
- Utomo, B. S., Nuraini, Y., & Widiyanto, W. (2015). Kajian kemantapan agregat tanah pada pemberian beberapa jenis bahan organik di perkebunan kopi robusta. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(1), 111-117.
- Wibowo, I. A., Nengsih, Y., & Hayata, H. (2020). Respon Tanaman Kakao (*Theobroma cacao L.*) Terhadap Pemberian Pupuk Kascing. *Jurnal Media Pertanian*, 5(2), 34-39.
- Wuriesylane, W., & Saputro, A. (2021). Aplikasi Pupuk NPK untuk Meningkatkan Produksi Tanaman Kacang Tanah. *Jurnal Planta Simbiosis*, 3(2).
- Yustiningsih, M. (2019). Intensitas cahaya dan efisiensi fotosintesis pada tanaman naungan dan tanaman terpapar cahaya langsung. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*, 4(2), 44-49.
- Zahara, F., & Fuadiyah, S. (2021, September). Pengaruh cahaya matahari terhadap proses fotosintesis. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 1, No. 1, pp. 1-4).