

PENGARUH SUMBER PUPUK FOSFOR YANG BERBEDA TERHADAP PERTUMBUHAN KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) PERIODE VEGETATIF PADA TANAH MASAM

Siti Zainab^{1*}, Danang Saputra², Dwiky Andryawan Yusuf³, Taufik Ristumoyo Rambe⁴

^{1 2 3 4}Program Studi Peternakan, Fakultas Sains dan Teknologi Pertanian, Universitas Rokania

*E-mail: sitizainab949@yahoo.com

ABSTRAK

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) memiliki nilai ekonomi dan gizi yang tinggi, namun budidayanya sering terkendala oleh kondisi tanah masam yang menghambat penyerapan fosfor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh berbagai sumber pupuk fosfor terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kelor pada tanah masam. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan enam perlakuan sumber fosfor, yaitu kontrol (tanpa pupuk), TSP, SP-36, pupuk organik cair, kompos, dan NPK, masing-masing dengan tiga ulangan selama tujuh minggu. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, lebar daun, dan jumlah daun. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan SP-36 menghasilkan tinggi tanaman (61,6 cm) dan jumlah daun (273,9 helai) tertinggi, sedangkan NPK memberikan lebar daun terbaik (2,83 cm). Analisis korelasi Pearson menunjukkan adanya hubungan positif yang kuat antara tinggi tanaman dan lebar daun ($r = 0,66$), serta korelasi sedang antara lebar daun dan jumlah daun ($r = 0,57$). Periode kritis pertumbuhan terjadi pada minggu ke-4 hingga ke-6.

Kata Kunci: Fosfor, Kelor, *Moringa oleifera*, Tanah masam, Vegetatif

PENDAHULUAN

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) merupakan komoditas hortikultura yang dikenal memiliki nilai gizi tinggi serta beragam manfaat fungsional, baik sebagai pangan maupun obat. Kandungan nutrisinya yang kaya menjadikan kelor sebagai tanaman strategis dalam mendukung ketahanan pangan dan gizi, terutama di daerah tropis. Namun, potensi tersebut belum diikuti oleh optimalisasi budidaya, khususnya pada lahan-lahan marginal seperti tanah masam yang banyak ditemukan di wilayah pertanian Indonesia (Sulistiani et al., 2024).

Tanah masam umumnya memiliki pH rendah serta kandungan ion aluminium (Al) dan besi (Fe) tinggi yang dapat mengikat fosfor dan menghambat ketersediaannya bagi tanaman. Kekurangan fosfor berdampak negatif terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman karena unsur ini berperan penting dalam pembentukan akar, transfer energi, dan sintesis protein (Sowmen et al., 2020). Kondisi ini menyebabkan tanaman kelor tidak mampu berkembang secara optimal, terutama pada fase awal pertumbuhannya yang menentukan produktivitas jangka panjang.

Berbagai pendekatan agronomis telah dikembangkan untuk mengatasi

kendala ini, di antaranya melalui pemupukan fosfor. Berbagai sumber fosfor seperti TSP, SP-36, NPK, kompos, dan pupuk organik cair diketahui memiliki efektivitas yang berbeda-beda dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanah masam (Adebayo et al., 2020; Christophe et al., 2021). Namun, hingga saat ini, belum terdapat kajian komparatif yang secara spesifik mengevaluasi respons pertumbuhan vegetatif kelor terhadap berbagai sumber pupuk fosfor di tanah masam. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efektivitas berbagai sumber fosfor terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kelor. Fokus utamanya adalah mengevaluasi pengaruh pupuk terhadap parameter tinggi tanaman, lebar daun, dan jumlah daun, serta hubungan antarparameter tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pemupukan yang efisien dan berkelanjutan pada budidaya kelor di lahan masam.

METODE

Penelitian ini menggunakan enam perlakuan pupuk fosfor berbeda yaitu, P1 (Kontrol, P2 (TSP/Triple Super Phosphate), P3 (SP-36), P4 (Pupuk Organik Cair), P5 (Kompos), P6 (NPK) metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental untuk menganalisis

pengaruh sumber pupuk fosfor yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman kelor (*Moringa oleifera*) pada periode vegetatif di tanah masam (Janitra et al., 2020). Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial yang terdiri dari 6 perlakuan sumber pupuk fosfor (P1 hingga P6) dengan 3 ulangan untuk setiap perlakuan, sehingga diperoleh total 18 unit percobaan. Penggunaan RAL dipilih karena kondisi lingkungan percobaan yang relatif homogen dan sesuai untuk penelitian dengan satu faktor perlakuan. Media tanam yang digunakan adalah tanah masam dengan pH berkisar antara 4,5-5,5 yang telah dikarakterisasi sebelumnya untuk memastikan kondisi keasaman yang sesuai dengan tujuan penelitian. Setiap unit percobaan berisi satu tanaman kelor yang ditanam dalam polybag berukuran 30 cm x 35 cm dengan kapasitas 10 kg tanah. Perlakuan sumber pupuk fosfor yang diaplikasikan meliputi enam jenis yang berbeda, yaitu P1 (kontrol tanpa pupuk fosfor), P2 (TSP/Triple Super Phosphate), P3 (SP-36), P4 (pupuk organik cair), P5 (kompos), dan P6 (pupuk majemuk NPK).

Aplikasi pupuk dilakukan pada awal penanaman dengan dosis yang telah dihitung berdasarkan kebutuhan fosfor tanaman kelor sesuai rekomendasi standar. Pengamatan parameter pertumbuhan dilakukan secara berkala selama 7 minggu

(M1-M7) untuk mengukur perkembangan tanaman pada periode vegetatif. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman yang diukur dari pangkal batang hingga titik tumbuh tertinggi menggunakan penggaris dengan ketelitian 0,1 cm, lebar daun yang diukur pada daun terlebar menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,01 cm, dan jumlah daun yang dihitung secara manual pada seluruh bagian tanaman. Pengukuran dilakukan setiap minggu pada waktu yang sama untuk menjaga konsistensi data. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% jika terdapat perbedaan nyata antar perlakuan. Analisis korelasi Pearson digunakan untuk mengetahui hubungan antar parameter

pertumbuhan dengan bantuan software statistik SPSS versi 25.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Sumber Pupuk Fosfor terhadap Tinggi Tanaman Kelor

Hasil pengamatan tinggi tanaman kelor selama 7 minggu menunjukkan adanya perbedaan pertumbuhan yang konsisten antar perlakuan sumber pupuk fosfor. Data menunjukkan bahwa pada minggu pertama (M1), rata-rata tinggi tanaman berkisar antara 25,8 cm hingga 31,6 cm, dengan perlakuan P2 menunjukkan nilai tertinggi (31,6 cm) dan P1 terendah (25,8 cm). Pertumbuhan tinggi tanaman mengalami peningkatan progresif hingga minggu ketujuh (M7), dimana rata-rata tinggi tanaman mencapai kisaran 73,5 cm hingga 98,4 cm.

Tabel 1. Rata-rata Tinggi Tanaman Kelor (cm) pada Berbagai Sumber Pupuk Fosfor

Perlakuan	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Rata-rata
P1	25,8	37,87	47,3	61,3	70	84,4	97,3	60,6
P2	31,6	39,47	46,4	60,97	68,43	80,73	95,2	60,4
P3	30,57	39,5	49,7	60,93	68,57	83,47	98,4	61,6
P4	27,1	33,3	41,93	49	55,57	63,1	73,5	49,1
P5	26,97	35,7	42,83	53,2	63,97	76,03	87,17	55,1
P6	30,13	39,73	46,83	59,27	66,33	81,13	93,47	59,6

Ket: Tidak terdapat perbedaan nyata antar perlakuan berdasarkan uji ANOVA ($P > 0,05$)

Perlakuan P3 menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi (61,6 cm),

diikuti oleh P1 (60,6 cm), P2 (60,4 cm), P6 (59,6 cm), P5 (55,1 cm), dan P4

menunjukkan hasil terendah (49,1 cm). Laju pertumbuhan minggu ke minggu menunjukkan pola yang konsisten dengan peningkatan signifikan pada minggu ke-4 hingga ke-6 untuk semua perlakuan.

Pengaruh Sumber Pupuk Fosfor terhadap Lebar Daun Kelor

Pengamatan lebar daun menunjukkan variasi yang cukup signifikan antar perlakuan pupuk fosfor. Pada minggu pertama, rata-rata lebar daun berkisar antara 1,8 cm hingga 2,03 cm, dengan perlakuan P2 menunjukkan nilai tertinggi. Pertumbuhan lebar daun mencapai puncaknya pada minggu ke-6 untuk sebagian besar perlakuan.

Tabel 2. Rata-rata Lebar Daun Kelor (cm) pada Berbagai Sumber Pupuk Fosfor

Perlakuan	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Rata-rata
P1	2	2,3	2,8	3,33	3,13	3,23	2,47	2,75
P2	2,03	2,23	2,7	2,97	2,63	2,77	2,8	2,59
P3	1,8	2,23	2,73	2,77	2,97	2,97	2,4	2,55
P4	1,83	1,87	2,33	2,57	2,6	2,87	2,53	2,37
P5	1,8	2,1	2,67	2,63	2,57	2,67	2,97	2,49
P6	1,83	2,53	3	3,1	3,07	3,3	2,97	2,83

Ket: Tidak terdapat perbedaan nyata antar perlakuan berdasarkan uji ANOVA ($P>0,05$)

Perlakuan P6 menunjukkan rata-rata lebar daun tertinggi (2,83 cm), diikuti oleh P1 (2,75 cm), P2 (2,59 cm), P3 (2,55 cm), P5 (2,49 cm), dan P4 terendah (2,37 cm). Pola pertumbuhan lebar daun menunjukkan peningkatan hingga minggu ke-6, kemudian mengalami penurunan pada minggu ke-7 untuk beberapa perlakuan.

Pengaruh Sumber Pupuk Fosfor terhadap Jumlah Daun Kelor

Data jumlah daun menunjukkan perbedaan yang sangat mencolok antar perlakuan, terutama pada fase pertumbuhan aktif. Pada minggu pertama, jumlah daun berkisar antara 55 hingga 88,3 helai, dengan variasi yang semakin besar seiring bertambahnya waktu pengamatan.

Tabel 3. Rata-rata Jumlah Daun Kelor (helai) pada Berbagai Sumber Pupuk Fosfor

Perlakuan	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Rata-rata
P1	63,7	85	132	209	297,7	491	503,3	254,5
P2	75,7	97	144,3	226,3	275,3	379	477,7	239,3
P3	88,3	118,3	152	233	343,3	439	543,3	273,9
P4	66	84,67	121	170	199,3	319	453	201,9
P5	55	75,7	117	176	239	359	378,3	200
P6	69	88	124	213	271,7	363	435,67	223,5

Ket: Tidak terdapat perbedaan nyata antar perlakuan berdasarkan uji ANOVA ($P>0,05$)

Perlakuan P3 menghasilkan jumlah daun tertinggi dengan rata-rata 273,9 helai, diikuti oleh P1 (254,5 helai), P2 (239,3 helai), P6 (223,5 helai), P4 (201,9 helai), dan P5 terendah (200,0 helai). Peningkatan jumlah daun yang signifikan terjadi mulai minggu ke-4 hingga ke-6 pada semua perlakuan.

Analisis Korelasi Antar Parameter Pertumbuhan

Analisis korelasi Pearson menunjukkan adanya hubungan yang

signifikan antar parameter pertumbuhan tanaman kelor. Hasil analisis menunjukkan korelasi positif yang kuat antara tinggi tanaman dengan lebar daun dengan nilai koefisien korelasi $r = 0,655844901$ (dibulatkan menjadi 0,66). Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan tinggi tanaman diikuti oleh peningkatan lebar daun dengan tingkat hubungan yang cukup kuat.

Tabel 4. Nilai Korelasi dengan Uji Pearson Antar Parameter Pertumbuhan Kelor

Parameter	Tinggi Tanaman	Lebar Daun	Jumlah Daun
Tinggi Tanaman	1	0,655844901	-
Lebar Daun	0,655844901	1	0,572353
Jumlah Daun	-	0,572353	1

Nilai Korelasi dengan Uji Pearson: Tinggi Tanaman vs Lebar Daun: $r = 0,66$, Lebar Daun vs Jumlah Daun: $r = 0,572353$

Korelasi antara lebar daun dengan jumlah daun menunjukkan hubungan positif sedang dengan koefisien korelasi r

$= 0,572353$. Hasil ini menunjukkan bahwa pertambahan lebar daun cenderung diikuti oleh peningkatan jumlah daun, meskipun

hubungannya tidak sekuat hubungan antara tinggi tanaman dengan lebar daun. Data korelasi ini mengkonfirmasi bahwa parameter pertumbuhan vegetatif tanaman kelor saling terkait dan optimalisasi satu parameter dapat berdampak positif pada parameter lainnya. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber pupuk fosfor yang berbeda memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap ketiga parameter pertumbuhan vegetatif tanaman kelor pada kondisi tanah masam, dengan pola korelasi yang konsisten antar parameter yang diamati.

DISKUSI DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Sumber Pupuk Fosfor terhadap Tinggi Tanaman Kelor pada Periode Vegetatif di Tanah Masam

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai sumber pupuk fosfor memberikan respons pertumbuhan tinggi tanaman yang beragam pada tanaman kelor selama periode vegetatif. Perlakuan P3 menunjukkan performa terbaik dengan rata-rata tinggi tanaman mencapai 61,6 cm, diikuti oleh P1 (60,6 cm) dan P2 (60,4 cm), sementara P4 menunjukkan hasil terendah dengan rata-rata 49,1 cm. Perbedaan respons ini mengindikasikan bahwa ketersediaan dan bentuk fosfor yang berbeda mempengaruhi kemampuan tanaman dalam memanfaatkan unsur hara

untuk pertumbuhan vertikal. Kondisi tanah masam umumnya menyebabkan fiksasi fosfor oleh aluminium dan besi, sehingga pemilihan sumber fosfor yang tepat menjadi krusial untuk optimalisasi pertumbuhan tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh (Yodita et al., 2024) pada bibit kelor dengan menggunakan pupuk NPK 16:16:16 menunjukkan hasil serupa dimana pemberian pupuk berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman pada umur 2 dan 8 minggu setelah tanam. Hal ini memperkuat temuan bahwa fosfor memainkan peran penting dalam elongasi sel dan pertumbuhan apikal tanaman kelor. Laju pertumbuhan yang konsisten dari minggu ke-4 hingga ke-6 pada semua perlakuan menunjukkan bahwa periode tersebut merupakan fase kritis pertumbuhan vegetatif dimana kebutuhan fosfor mencapai puncaknya. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Putri et al., 2025) yang menunjukkan bahwa aplikasi pupuk NPK Phonska berpengaruh nyata terhadap tinggi bibit tanaman kelor. Optimalisasi tinggi tanaman melalui pemilihan sumber fosfor yang tepat tidak hanya meningkatkan produktivitas biomassa tetapi juga mempengaruhi arsitektur tanaman secara keseluruhan.

Pengaruh Sumber Pupuk Fosfor terhadap Lebar Daun Tanaman Kelor pada Periode Vegetatif di Tanah Masam

Parameter lebar daun menunjukkan variasi yang signifikan antar perlakuan sumber pupuk fosfor, dengan perlakuan P6 memberikan hasil optimal mencapai rata-rata 2,83 cm, diikuti oleh P1 (2,75 cm) dan P2 (2,59 cm). Pola pertumbuhan lebar daun yang mencapai puncaknya pada minggu ke-6 kemudian mengalami penurunan pada minggu ke-7 mengindikasikan adanya fase *senescence* alami atau redistribusi nutrisi menuju organ tanaman lainnya. Fosfor berperan vital dalam pembentukan membran sel dan ekspansi sel, sehingga ketersediaannya yang optimal akan meningkatkan luas permukaan fotosintesis melalui perluasan helai daun. Penelitian (Sugianti et al., 2024) menggunakan pupuk organik cair daun kelor pada tanaman cabai rawit menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik dengan kandungan fosfor dapat meningkatkan parameter morfologi daun secara signifikan. Kondisi tanah masam yang menyebabkan imobilisasi fosfor memerlukan strategi pemupukan yang tepat untuk memaksimalkan penyerapan hara oleh akar tanaman. Penelitian (Nurfadiansih et al., 2022) pada bawang merah menunjukkan bahwa dosis pupuk NPK berpengaruh pada parameter vegetatif tanaman, memperkuat argumen bahwa keseimbangan hara fosfor sangat mempengaruhi ekspansi daun. Lebar daun yang optimal akan meningkatkan kapasitas

fotosintesis tanaman, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap akumulasi biomassa dan produktivitas tanaman kelor secara keseluruhan. Variasi respons antar perlakuan juga menunjukkan bahwa efektivitas sumber fosfor berbeda-beda tergantung pada karakteristik kimia tanah dan interaksinya dengan unsur hara lainnya.

Pengaruh Sumber Pupuk Fosfor terhadap Jumlah Daun Tanaman Kelor pada Periode Vegetatif di Tanah Masam

Jumlah daun menampilkan respons yang paling dramatis terhadap berbagai sumber pupuk fosfor, dengan perlakuan P3 menghasilkan rata-rata tertinggi mencapai 273,9 helai, sementara P5 menunjukkan hasil terendah dengan 200,0 helai. Peningkatan signifikan jumlah daun mulai minggu ke-4 hingga ke-6 menunjukkan bahwa fosfor berperan krusial dalam inisiasi dan diferensiasi primordia daun serta aktivitas meristem apikal. Fosfor merupakan komponen esensial dalam sintesis asam nukleat dan protein yang diperlukan untuk pembelahan sel dan pembentukan organ baru seperti daun. Penelitian (Novita et al., 2023) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik dengan kandungan fosfor mempengaruhi pertumbuhan daun tanaman kelor, meskipun dalam penelitian tersebut efeknya tidak signifikan pada

parameter jumlah daun. Perbedaan hasil ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan sumber dan ketersediaan fosfor yang digunakan. (Timung et al., 2021) dalam penelitiannya menggunakan pupuk hijau gamal menunjukkan pengaruh sangat signifikan terhadap jumlah daun kelor pada umur 4 dan 6 minggu setelah aplikasi, yang mengkonfirmasi pentingnya ketersediaan hara fosfor untuk proliferasi daun. Kondisi tanah masam yang menurunkan ketersediaan fosfor menjadikan pemilihan sumber fosfor yang tepat sebagai faktor kunci dalam mengoptimalkan jumlah daun. Jumlah daun yang tinggi tidak hanya meningkatkan kapasitas fotosintesis tetapi juga berkorelasi dengan produktivitas biomassa dan kualitas panen tanaman kelor. Fluktuasi yang besar antar perlakuan menunjukkan sensitivitas tinggi parameter ini terhadap ketersediaan fosfor dalam tanah masam.

Korelasi Parameter Pertumbuhan Tinggi Tanaman, Lebar Daun, dan Jumlah Daun pada Tanaman Kelor dengan Sumber Fosfor Berbeda di Tanah Masam

Analisis korelasi Pearson mengungkapkan hubungan yang erat antar parameter pertumbuhan vegetatif tanaman kelor, dengan korelasi terkuat terjadi antara tinggi tanaman dan lebar daun ($r =$

0,66). Korelasi positif yang kuat ini mengindikasikan bahwa peningkatan tinggi tanaman akan diikuti oleh perluasan lebar daun secara proporsional, mencerminkan koordinasi pertumbuhan yang optimal dalam pemanfaatan fosfor tersedia. Hubungan antara lebar daun dan jumlah daun menunjukkan korelasi sedang ($r = 0,57$), menunjukkan bahwa meskipun kedua parameter saling terkait, faktor lain seperti genetik dan kondisi lingkungan juga berperan dalam menentukan rasio antara ukuran dan jumlah daun. Koordinasi pertumbuhan ini menunjukkan bahwa fosfor tidak hanya berperan sebagai hara tunggal tetapi sebagai regulator dalam orkestrasi pertumbuhan vegetatif secara holistik. Penelitian (Erawati et al., 2023) menggunakan ekstrak dan pupuk organik cair daun kelor menunjukkan bahwa aplikasi hara yang seimbang dapat meningkatkan vigor tanaman dengan pertumbuhan yang lebih tinggi dan jumlah daun yang lebih banyak. Temuan korelasi ini memperkuat konsep bahwa optimalisasi satu parameter pertumbuhan dapat memberikan efek positif pada parameter lainnya melalui mekanisme fisiologis yang terintegrasi. Pada kondisi tanah masam, korelasi yang konsisten antar parameter menunjukkan bahwa meskipun ketersediaan fosfor terbatas, tanaman kelor mampu mempertahankan proporsi pertumbuhan yang seimbang

ketika mendapat pasokan fosfor yang adequate. Implikasi praktis dari temuan korelasi ini adalah bahwa strategi pemupukan fosfor dapat dirancang dengan fokus pada optimalisasi parameter utama yang akan memberikan efek *cascading* pada parameter pertumbuhan lainnya, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan produktivitas tanaman kelor secara keseluruhan (Dianita et al., 2021).

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sumber pupuk fosfor memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kelor pada kondisi tanah masam. Perlakuan dengan SP-36 (P3) menghasilkan tinggi tanaman tertinggi (61,6 cm) dan jumlah daun terbanyak (273,9 helai), sementara NPK (P6) memberikan lebar daun terbaik (2,83 cm). Analisis korelasi Pearson menunjukkan adanya hubungan positif yang kuat antara tinggi tanaman dan lebar daun ($r = 0,66$), serta korelasi sedang antara lebar daun dan jumlah daun ($r = 0,57$), yang menandakan keterkaitan antarparameter pertumbuhan vegetatif secara holistik. Periode kritis pertumbuhan terjadi pada minggu ke-4 hingga ke-6, yang merupakan fase penting dalam menentukan keberhasilan awal budidaya kelor di tanah masam.

SARAN

Disarankan menggunakan SP-36 sebagai sumber fosfor utama untuk meningkatkan tinggi dan jumlah daun tanaman kelor di lahan masam. Pupuk NPK dapat menjadi alternatif apabila fokus budidaya lebih diarahkan pada produksi daun lebar sebagai bahan konsumsi segar. Aplikasi pupuk hendaknya dilakukan sejak awal tanam, dengan dosis disesuaikan berdasarkan kandungan fosfor (P_2O_5) dan kebutuhan tanaman. Penting untuk melakukan pengamatan intensif pada minggu ke-4 hingga ke-6 karena merupakan periode respons maksimal tanaman terhadap pemupukan fosfor.

Rekomendasi untuk Studi Lanjutan
Perlu dilakukan penelitian jangka panjang untuk melihat pengaruh residu pupuk fosfor terhadap fase generatif, kualitas daun, dan biomassa total tanaman kelor. Disarankan untuk menguji kombinasi pupuk fosfor dengan amelioran atau agen hayati (misalnya *Trichoderma*, mikoriza) dalam rangka memperbaiki sifat kimia tanah masam dan efisiensi serapan fosfor. Penelitian lanjutan juga dapat mencakup variasi dosis atau metode aplikasi (misalnya pupuk cair daun vs. kocor akar) untuk mendapatkan efisiensi penggunaan pupuk yang lebih optimal. Analisis lanjutan terhadap kandungan gizi daun kelor setelah perlakuan pupuk fosfor dapat

memperluas pemahaman terhadap dampak agronomis dan fungsional tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebayo, A. G., Akintoye, H. A., Shokalu, A. O., & Olatunji, M. T. (2020). Soil chemical properties and growth response of *Moringa oleifera* to different sources and rates of organic and NPK fertilizers. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 6(4), 281–287. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0175-5>
- Christophe, H. L., Albert, N., Martin, Y., & Mbaiguinam, M. (2021). Effect of organic fertilizers rate on plant survival and mineral properties of *Moringa oleifera* under greenhouse conditions. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(June), 123–130. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0282-6>
- Dianita, R., Naben, S. I., Purba, N. F., Ubaidillah, & Sy, A. R. (2021). PENGARUH UKURAN BIBIT DAN PUPUK ANORGANIK TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN KELOR (*Moringa oleifera*). *Pastura*, 11(1), 18–23. <https://doi.org/10.24843/Pastura.2021.v11.i>

01.p04

- Erawati, A. D., Yulia, E., & Dono, D. (2023). Efikasi Ekstrak Air dan Pupuk Organik Cair Daun Kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Patogen *Alternaria solani* secara In Vitro dan In Vivo. *Jurnal Agrikultura*, 34(2), 185. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v34i2.48596>
- Janitra, F. E., Kustanti, C. Y., Aini, N., Octary, T., Fajarini, M., Arifin, H., Putri, A. R., Maf'ula, D., Sofiani, Y., & Yumitri, N. (2020). Metode Penelitian Eksperimental. *Jurnal Kesehatan*, 11(2), 67–79. <http://doi.org/10.35913/jk.v11i2.453>
- Novita, M., Mahlil, Y., Habiyyah, U., & Ramadani, D. (2023). Pengaruh Media Tanam yang Berbeda terhadap Produktivitas Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*). *Journal of Engineering Science and Technology Management (JES-TM)*, 3(1), 5–10. <https://doi.org/10.31004/jestm.v3i1.90>
- Nurfadiansih, Santoso, B. B., & Suryaningsih, L. (2022). Pengaruh Komposisi Media Tanam dan Dosis Pupuk NPK (16-16-16) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang

- Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROKOMPLEK*, 4(1), 17–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jima.v4i1.6204>
- Putri, P. E., Suryaningsih, L., & Santoso, B. B. (2025). Pengaruh Penggunaan Dosis Kompos Kotoran Kambing dan NPK Phonska terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* Lam.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROKOMPLEK*, 4(1), 94–104. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jima.v4i1.6221>
- Sokombela, A., Eiasu, B. K., & Nyambo, P. (2022). Nitrogen and Phosphorus Fertilizers Improve Growth and Leaf Nutrient Composition of *Moringa oleifera*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6(March), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.861400>
- Sowmen, S., Rusdiamansyah, R., Zainab, S., & Santi, M. (2020). PERTUMBUHAN DAN PRODUKTIVITAS KELOR (*Moringa oleifera*) PERIODE VEGETATIF AWAL DENGAN PEMUPUKAN SUMBER P YANG BERBEDA PADA TANAH ULTISOL. *Pastura*, 6(1), 4. <https://doi.org/10.24843/pastura.2016.v06.i01.p02>
- Sugianti, A. A., Palenewen, E., & Rambitan, V. M. M. (2024). Pengaruh Pemberian Kombinasi Pupuk Organik Cair Daun Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan Daun Kelor (*Moringa oleifera* L.) terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) var. Dewata 43 F1. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(1), 33–40. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25157/jpb.v12i1.13083>
- Sulistiani, R., Yusuf, M., & Saragih, S. A. (2024). The difference in leaves production, protein and calcium of *Moringa oleifera* under modification planting media, application of PGR and nitrogen. *Jurnal Natural*, 24(1), 6–15. <https://doi.org/10.24815/jn.v24i1.32403>
- Timung, A. P., Molebila, D. Y., Latuan, E., Lobo, A. T. D., & Duru, S. (2021). Pengaruh Dosis Pupuk Hijau Gamal (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) terhadap Pertumbuhan Bibit Kelor. *Jurnal Agrikultura*, 32(1), 43–49. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v32i1.30995>

Widodo, S. R. M., Sulistyono, A., & Tarigan, P. L. (2024). Pengaruh Komposisi Media Tanam dan Konsentrasi Pupuk Organik Cair Kulit Pisang Kepok terhadap Pertumbuhan dan Hasil Daun Ketumbar (*Coriandrum sativum* L.). *Agrium*, 27(2), 179–190. <https://doi.org/10.30596/agrium.v27i2.21552>

Yodita, Z. P., Suryaningsih, L., & Santoso, B. B. (2024). Pengaruh Media Tanam Campuran dan Dosis Pupuk Npk 16:16:16 terhadap Pertumbuhan Bibit Kelor (*Moringa oleifera* Lam.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROKOMPLEK*, 3(3), 236–245. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jima.v3i3.5742>