



Research Article

DOI : 10.36728/afp.v22i2.6224

RESPON AGRONOMIS KACANG HIJAU (*Vigna radiata* L.) TERHADAP VARIASI JENIS PUPUK KANDANG DAN TINGKAT PEMUPUKAN FOSFAT

Nur Fitriyah^{1*)}, Edy Soenyoto²⁾, Widyana Rahmatika³⁾, Akbar Ramadhan⁴⁾

^{1,2,3,4} Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Kadiri

* Email: nurfitriyah@uniska-kediri.ac.id

ABSTRACT

Kacang hijau (*Vigna radiata* L.) menempati posisi ketiga sebagai sumber pangan kacang-kacangan terpenting di Indonesia dan berpotensi dikembangkan pada berbagai agroekosistem. Produktivitas kacang hijau di tingkat petani masih tergolong rendah, salah satunya disebabkan oleh pengelolaan hara yang belum optimal, khususnya penggunaan pupuk organik dan pupuk fosfat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) terhadap pemberian macam pupuk kandang dan dosis pupuk fosfat. Penelitian dilaksanakan di Desa Punjul, Kabupaten Kediri, pada bulan Desember 2024 sampai Maret 2025, dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dua faktor, faktor pertama adalah macam pupuk kandang (K1: pupuk kandang sapi, K2: pupuk kandang kambing, K3: pupuk kandang ayam) dan faktor kedua adalah dosis pupuk fosfat SP-36 (P1: 100 kg/ha, P2: 200 kg/ha, P3: 300 kg/ha). Hasil penelitian ini menunjukkan adanya interaksi aritara macam pupuk kandang dan dosis pupuk fosfat pada tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah cabang produktif. Perlakuan pupuk kandang berpengaruh nyata pada jumlah polong, bobot polong basah, dan bobot biji kering per tanaman. Sementara itu, perlakuan dosis pupuk fosfat SP-36 berpengaruh nyata pada bobot biji kering per tanaman, dan bobot 100 biji per petak.

KEYWORD

Kacang Hijau, Pupuk Kandang, Pupuk Fosfat, Pertumbuhan, Hasil

INFORMATION

Received : 25 November 2025

Revised : 24 Desember 2025

Accepted : 20 Januari 2026

Volume : 26

Number : 1

Year : 2026

Copyright © 2026



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence

1. PENDAHULUAN

Kacang hijau (*Vigna radiata* L.) menempati posisi ketiga sebagai sumber pangan kacang-kacangan terpenting di Indonesia yang memiliki peranan strategis sebagai sumber protein nabati, pangan fungsional, serta komoditas pendukung diversifikasi pangan. Tanaman ini banyak dibudidayakan karena umur panennya relatif singkat, adaptif terhadap lahan marginal, dan mampu berkontribusi dalam perbaikan kesuburan tanah melalui fiksasi nitrogen. Meskipun demikian, produktivitas kacang hijau di Indonesia masih tergolong rendah dan belum mencapai potensi hasil optimal, terutama akibat keterbatasan ketersediaan unsur hara dan pengelolaan pemupukan yang kurang efisien (BPS, 2022).

Unsur fosfor (P) merupakan salah satu hara esensial yang berperan penting dalam proses metabolisme energi, pertumbuhan sistem perakaran, pembungaan, serta pembentukan dan pengisian biji. Ketersediaan fosfor yang rendah di dalam tanah, khususnya pada tanah masam dan tanah dengan kandungan bahan organik rendah, menjadi faktor pembatas utama dalam peningkatan hasil tanaman legum, termasuk kacang hijau ([Havlin et al., 2014](#)). Pemupukan fosfat diperlukan untuk mengatasi defisiensi tersebut, namun efisiensi pemanfaatan pupuk fosfat sering kali rendah akibat terjadinya fiksasi fosfor di dalam tanah.

Penggunaan pupuk organik, khususnya pupuk kandang, merupakan salah satu pendekatan untuk meningkatkan efisiensi pemupukan sekaligus memperbaiki kualitas tanah. Pupuk kandang berperan dalam meningkatkan kandungan bahan organik, memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang berkontribusi terhadap ketersediaan hara bagi tanaman ([Brady & Weil, 2017](#)). Berbagai jenis pupuk kandang, seperti pupuk kandang sapi, kambing, dan ayam, memiliki karakteristik dan kandungan hara yang berbeda, sehingga berpotensi memberikan respon pertumbuhan dan hasil yang berbeda pula pada tanaman kacang hijau ([Lingga & Marsono, 2013](#)). Pupuk ini berfungsi untuk meningkatkan sifat fisik dan struktur tanah, serta meningkatkan daya tahan air, dan kualitas kimia dan biologi tanah. Salah satu jenis pupuk organik yang penting adalah pupuk kandang ([Anwar dan Wisuda, 2022](#)).

Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa aplikasi pupuk fosfat secara tunggal mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kacang hijau, terutama pada tanah dengan status P rendah ([Havlin et al., 2014](#)). Fosfat sangat penting bagi tanaman saat pembentukan biji, sehingga menghasilkan biji yang berkualitas, serta berfungsi mempercepat kematangan buah ([Fournalika dkk, 2021](#)). Penelitian lain menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang secara mandiri dapat memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman legum ([Sutanto, 2002](#); [Brady & Weil, 2017](#)). Selain itu, kombinasi pupuk organik dan pupuk anorganik dilaporkan mampu meningkatkan efisiensi serapan hara serta hasil tanaman secara berkelanjutan ([Stevenson, 1994](#); [Foth, 2006](#)). Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada penggunaan satu jenis pupuk kandang atau satu taraf dosis fosfat, serta belum secara komprehensif mengkaji interaksi antara berbagai macam pupuk kandang dan dosis pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau. Informasi mengenai kombinasi pemupukan yang paling efektif dan efisien, khususnya pada kondisi agroekosistem lokal, masih terbatas. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata L.*) terhadap pemberian macam pupuk kandang dan dosis pupuk fosfat yang dilakukan secara bersamaan.

2. METODE

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2024 sampai Maret 2025. Bertempat di Desa Punjul, Kecamatan Plosoklaten, Kabupaten Kediri beriklim tropis dengan ketinggian tempat 172 meter diatas permukaan laut memiliki jenis tanah aluvial bertekstur tanah liat berpasir dengan pH 6.2, suhu rata-rata harian 28°C, kelembaban rata-rata harian 82%, dan curah hujan 312 mm/bulan.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi hand tractor, pH meter, cangkul, sabit, meteran, tugal, timbangan digital, handsprayer, buku, pena, gunting, cutter, gembor, grain moisture meter, dan kamera. Sedangkan bahan yang digunakan meliputi benih kacang hijau varietas Vima-5, air, pupuk kandang sapi, pupuk kandang kambing, pupuk kandang ayam, pupuk SP-36, pestisida, pupuk ZA, dan pupuk KCl.

2.3. Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan dengan metode yang Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial, terdiri dari 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah macam pupuk kandang, terdiri dari 3 macam.

K1 : Pupuk Kandang Sapi

K2 : Pupuk Kandang Kambing

K3 : Pupuk Kandang Ayam

Faktor kedua adalah dosis pupuk SP-36, terdiri dari 3 level dosis.

P1 : SP-36 dosis 100 kg/Ha

P2 : SP-36 dosis 200 kg/Ha

P3 : SP-36 dosis 300 kg/Ha

2.4. Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan persiapan lahan, yang meliputi pembuatan bedengan, saluran air dan pemberian pupuk kandang. Penanaman ditugal dengan 2 benih per lubang tanam kemudian dilakukan penjarangan hingga tersisa 1 tanaman per lubang. Pemupukan SP-36 diberikan pada 15 hst, bersamaan dengan perlakuan variabel bebas berupa pupuk ZA dan KCl. Kegiatan pemeliharaan mencakup penyiraman, penyirangan, serta pengendalian hama dan penyakit tanaman. Pemanenan dilakukan sebanyak tiga kali, dimulai pada 65 hst dengan interval lima hari.

2.5. Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan pada penelitian ini meliputi : Tinggi tanaman (cm), Jumlah daun (helai), Jumlah cabang produktif, Jumlah polong (buah), Bobot polong basah (g), Bobot biji kering (g), Bobot 100 biji per petak (g).

2.6. Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan pada masing-masing variabel dimasukkan kedalam tabel untuk dilakukan uji F dengan metode sidik ragam (ANOVA) dengan kriteria uji:

1. Jika $F_{tabel\ 5\%} < F_{hitung} < F_{tabel\ 1\%}$ diterima H_1 pada taraf nyata 1% atau terjadi pengaruh yang nyata.
2. Jika $F_{hitung} > F_{tabel\ 1\%}$ maka diterima H_1 pada taraf nyata 1% atau terjadi pengaruh yang sangat nyata.
3. Jika $F_{hitung} < F_{tabel\ 5\%}$ maka diterima H_0 ditolak H_1 atau tidak terjadi interaksi.

Uji lanjut dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan uji BNT pada taraf 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Variabel Pengamatan Fase Vegetatif

Berdasarkan Tabel 1, kombinasi macam pupuk kandang dan dosis pupuk fosfat memberikan pengaruh yang berbeda nyata berdasarkan uji ANOVA terhadap variabel pertumbuhan vegetatif tanaman pada umur 35 HST, khususnya pada parameter tinggi tanaman dan jumlah daun, sedangkan pada jumlah cabang produktif tidak menunjukkan perbedaan nyata.

Tabel 1. Rerata Variabel Pengamatan Vegetatif Akibat Kombinasi Macam Pupuk Kandang dan Dosis Pupuk Fosfat

Perlakuan	Rata-rata pengamatan umur 35 hst		
	Tinggi (cm)	Jumlah daun (helai)	Cabang produktif
K1P1	35.17 b	8.19 b	2.31
K1P2	37.11 c	8.50 b	2.36
K1P3	38.94 d	8.72 c	2.47
K2P1	32.53 a	7.86 a	2.19
K2P2	32.56 a	7.97 ab	2.17
K2P3	31.61 a	7.78 a	2.11
K3P1	35.22 bc	8.28 b	2.53
K3P2	33.83 b	8.39 b	2.42
K3P3	33.03 ab	7.92 ab	2.25
BNT 5%	1.45	0.33	tn

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%.

Pada parameter tinggi tanaman, perlakuan K1P3 menunjukkan nilai tertinggi yaitu 38,94 cm, dan berbeda nyata dibandingkan sebagian besar perlakuan lainnya. Sebaliknya, perlakuan K2P1, K2P2, dan K2P3 menghasilkan tinggi tanaman terendah (31,61–32,56 cm). Nilai BNT 5% sebesar 1,45 menunjukkan bahwa perbedaan antar perlakuan pada parameter ini bersifat signifikan secara statistik.

Parameter jumlah daun menunjukkan pola yang relatif serupa. Perlakuan K1P3 menghasilkan jumlah daun tertinggi (8,72 helai) dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan dengan kombinasi dosis fosfat yang lebih rendah, khususnya pada kelompok pupuk kandang K2. Perlakuan K2P1 menghasilkan jumlah daun terendah (7,86 helai). Nilai BNT 5% sebesar 0,33 mengindikasikan bahwa perbedaan tersebut signifikan. Sementara itu, pada parameter jumlah cabang produktif, seluruh perlakuan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (tn). Nilai cabang produktif berkisar antara 2,11–2,53, dengan nilai tertinggi pada perlakuan K3P1 dan terendah pada K2P3. Hasil uji sidik ragam yang tidak nyata menandakan bahwa perlakuan kombinasi pupuk kandang fosfat belum memberikan pengaruh signifikan terhadap pembentukan cabang produktif pada umur pengamatan tersebut.

Perbedaan nyata pada tinggi tanaman dan jumlah daun menunjukkan bahwa interaksi antara pupuk kandang dan pupuk fosfat berperan penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif awal. Fosfor merupakan unsur hara esensial yang berfungsi dalam proses transfer energi (ATP), pembelahan sel, serta pembentukan jaringan vegetatif, sehingga ketersediaannya yang cukup akan meningkatkan pertumbuhan tanaman secara signifikan ([Havlin et al., 2014](#)).

Perlakuan K1P3 diduga mampu menyediakan fosfor tersedia dalam jumlah optimal serta memperbaiki kondisi fisik dan biologi tanah melalui aplikasi pupuk kandang. Pupuk kandang diketahui mampu meningkatkan kapasitas tukar kation, aktivitas mikroorganisme tanah, serta efisiensi pemanfaatan pupuk anorganik, termasuk fosfat ([Sutedjo, 2010](#); [Brady & Weil, 2016](#)). Kombinasi tersebut memungkinkan tanaman menyerap hara secara lebih efektif, yang tercermin pada peningkatan tinggi tanaman dan jumlah daun.

Rendahnya pertumbuhan pada perlakuan K2 pada seluruh dosis fosfat mengindikasikan bahwa jenis pupuk kandang tersebut kemungkinan memiliki kandungan hara yang lebih rendah atau tingkat dekomposisi yang lambat, sehingga unsur hara belum tersedia secara optimal bagi tanaman. Menurut [Stevenson \(1994\)](#), kualitas bahan organik sangat menentukan kecepatan mineralisasi hara dan ketersediaannya bagi tanaman.

Tidak adanya pengaruh nyata perlakuan terhadap jumlah cabang produktif menunjukkan bahwa pada umur 35 HST tanaman masih berada pada fase vegetatif, sehingga pembentukan cabang produktif belum berlangsung secara intensif. Pembentukan cabang produktif umumnya dipengaruhi oleh keseimbangan hormon tumbuh serta kondisi lingkungan pada fase menjelang generatif ([Gardner et al., 2008](#)). Oleh karena itu, respons perlakuan pemupukan terhadap parameter ini kemungkinan akan lebih terlihat pada umur pengamatan selanjutnya.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa kombinasi pupuk organik dan fosfat lebih berperan dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif awal dibandingkan komponen hasil pada fase awal pertumbuhan tanaman ([Wijaya et al., 2019](#); [Rahmah et al., 2021](#)).

3.2. Variabel Pengamatan Panen

Tabel 2. Rerata Pengamatan Panen Pada Perlakuan Tunggal Macam Pupuk Kandang dan Dosis Pupuk Fosfat

Perlakuan	Rata-rata jumlah polong (buah)	Rata-rata bobot polong basah (g)	Rata-rata bobot biji kering (g)	Rata-rata bobot 100 biji (g)
K1 (P.kandang sapi)	18.03 b	20.99 ab	6.83 ab	5.93
K2 (P.kandang kambing)	17.49 a	20.39 a	6.67 a	5.86
K3 (P.kandang Ayam)	18.30 b	21.34 b	7.01 b	5.90
BNT 5%	0.48	0.60	0.21	tn
P1 (SP-36 100 kg ha ⁻¹)	18.01	20.94	6.86 ab	5.85 a
P2 (SP-36 200kg ha ⁻¹)	18.01	21.07	6.98 b	5.98 b
P3 (SP-36 300 kg ha ⁻¹)	17.80	20.72	6.68 a	5.86 a
BNT 5%	tn	tn	0.21	0.11

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%; tn: tidak nyata

Berdasarkan Tabel 2, berdasarkan uji ANOVA tidak terjadi pengaruh interaksi nyata pada kombinasi perlakuan macam pupuk kandang dan dosis pupuk fosfat. Namun demikian terdapat pengaruh nyata perlakuan tunggal macam pupuk kandang memberikan pengaruh yang berbeda terhadap beberapa komponen hasil tanaman, sedangkan dosis pupuk fosfat menunjukkan respons yang terbatas pada parameter tertentu.

Pada perlakuan macam pupuk kandang, parameter jumlah polong menunjukkan perbedaan nyata, di mana perlakuan K3 (pupuk kandang ayam) menghasilkan rata-rata jumlah polong tertinggi (18,30 buah) dan berbeda nyata dibandingkan K2 (pupuk kandang kambing) yang menghasilkan jumlah polong terendah (17,49 buah). Nilai BNT 5% sebesar 0,48 menegaskan adanya perbedaan signifikan antar perlakuan.

Parameter bobot polong basah juga menunjukkan perbedaan nyata akibat macam pupuk kandang. Perlakuan K3 menghasilkan bobot polong basah tertinggi (21,34 g), sedangkan K2 menghasilkan bobot terendah (20,39 g). Demikian pula pada bobot biji kering, perlakuan K3 memberikan nilai tertinggi (7,01 g) dan berbeda nyata dibandingkan K1 dan K2. Namun, pada parameter bobot 100 biji, perlakuan macam pupuk kandang menunjukkan hasil tidak berbeda nyata (tn).

Pada perlakuan dosis pupuk fosfat, parameter jumlah polong dan bobot polong basah tidak menunjukkan perbedaan nyata antar dosis. Sebaliknya, pada parameter bobot biji kering dan bobot 100 biji, dosis P2 (200 kg ha^{-1}) menghasilkan nilai tertinggi masing-masing 6,98 g dan 5,98 g, serta berbeda nyata dibandingkan dosis lainnya.

Pengaruh nyata macam pupuk kandang terhadap jumlah polong, bobot polong basah, dan bobot biji kering menunjukkan bahwa kualitas dan kandungan hara pupuk organik berperan penting dalam pembentukan hasil. Pupuk kandang ayam (K3) diketahui memiliki kandungan nitrogen (N) dan fosfor (P) yang lebih tinggi serta rasio C/N yang lebih rendah dibandingkan pupuk kandang sapi dan kambing, sehingga unsur hara lebih cepat termineralisasi dan tersedia bagi tanaman ([Aegnehu et al., 2019](#); [Suryani et al., 2020](#)).

Peningkatan jumlah polong dan bobot biji kering pada perlakuan K3 berkaitan erat dengan ketersediaan hara selama fase generatif, khususnya N dan P, yang berperan dalam pembentukan bunga, pengisian polong, serta akumulasi biomassa biji ([Taiz et al., 2018](#); [Wijaya & Prasetyo, 2021](#)). Selain itu, aplikasi pupuk kandang ayam juga mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah dan memperbaiki sifat fisik tanah, sehingga efisiensi penyerapan hara menjadi lebih tinggi.

Tidak berbedanya bobot 100 biji pada perlakuan pupuk kandang menunjukkan bahwa ukuran biji lebih dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman dibandingkan perlakuan pemupukan. Hal ini sejalan dengan pendapat bahwa bobot 100 biji merupakan karakter yang relatif stabil dan kurang responsif terhadap perubahan lingkungan ([Gardner et al., 2018](#)). Variabel bobot 100 biji kering per petak juga dipengaruhi oleh ukuran dan kepadatan (bernas) biji, serta kadar air yang terkandung dalam biji saat panen. Menurut [Kurniawan et al., \(2022\)](#), kadar air biji sangat memengaruhi bobot biji kering; semakin tinggi kadar air, bobot biji akan lebih berat meskipun kandungan bahan keringnya tetap. Selain itu, ketersediaan unsur hara selama fase pengisian biji, yang dipengaruhi oleh pemberian pupuk, turut berperan dalam menentukan bobot akhir biji.

Pada perlakuan dosis pupuk fosfat, tidak adanya pengaruh nyata terhadap jumlah polong dan bobot polong basah mengindikasikan bahwa kebutuhan fosfor tanaman pada fase pembentukan polong telah tercukupi pada dosis terendah. Namun, peningkatan bobot biji kering dan bobot 100 biji pada dosis P2 (200 kg ha^{-1}) menunjukkan bahwa fosfor berperan penting dalam proses pengisian biji, terutama dalam pembentukan energi (ATP) dan translokasi hasil fotosintesis ke biji ([Havlin et al., 2020](#); [Li et al., 2022](#)). Begitu juga dalam [Aulia \(2024\)](#) unsur fosfat berperan dalam proses konversi energi cahaya menjadi energi kimia yang tersimpan dalam ikatan ATP. Energi ini kemudian dimanfaatkan untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi glukosa, yang berfungsi sebagai sumber energi bagi tanaman. Sehingga fotosintesis dan pembentukan biji pada tanaman menjadi maksimal.

Dosis fosfat yang terlalu tinggi (P3) tidak meningkatkan hasil secara signifikan, yang mengindikasikan terjadinya efisiensi pemupukan yang menurun atau kemungkinan terikatnya fosfat dalam tanah. Fenomena ini umum terjadi pada tanah tropis yang memiliki kapasitas fiksasi fosfat tinggi (Shen et al., 2021).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan jenis pupuk kandang yang tepat, khususnya pupuk kandang ayam, serta dosis fosfat yang moderat lebih efektif dalam meningkatkan komponen hasil dibandingkan peningkatan dosis fosfat secara berlebihan.

4. KESIMPULAN

1. Terjadi Pengaruh interaksi antara perlakuan macam pupuk kandang (K) dan dosis pupuk fosfat (P) pada variabel pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah cabang produktif per tanaman pada umur 35 hst.
2. Perlakuan tunggal macam pupuk kandang (K) berpengaruh nyata pada variabel pengamatan jumlah polong, bobot polong basah, dan bobot biji kering per tanaman.
3. Perlakuan tunggal dosis pupuk fosfat (P) berpengaruh nyata pada variabel bobot biji kering per tanaman, dan bobot 100 biji per petak.

DAFTAR PUSTAKA

- Agegnehu, G., Nelson, P. N., & Bird, M. I. (2019). Crop yield, plant nutrient uptake and soil physicochemical properties under organic soil amendments. *Soil & Tillage Research*, 187, 60–73.
- Aulia, R. (2024). Pentingnya Fosfat dalam Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman. <http://npkmutiara.com/post/pentingnya-fosfat-dalam-pertumbuhan-dan-perkembangan-tanaman>
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2022). Statistik tanaman pangan Indonesia 2021. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, Jakarta.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The Nature and Properties of Soils*. Pearson Education.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., & Mitchell, R. L. (2018). *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). *Soil Fertility and Fertilizers*. Pearson.
- Kurniawan, H. A., Bangun, I. H., & Nurhajijah, N. (2022). Pengaruh Perlakuan Kadar Air Pada Buah Ketumbar Dan Aspek Biologi *Stegobium paniceum* (L)(Coleoptera: Anobiidae). *Ziraa'Ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 47(3), 376-383.
- Li, H., Huang, G., Meng, Q., & Ma, L. (2022). Phosphorus use efficiency and crop productivity in sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 326, 107788.
- Rahmah, S., Hidayat, N., & Santoso, B. (2021). Respon pertumbuhan tanaman terhadap kombinasi pupuk organik dan anorganik. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 16(1), 45–53.
- Shen, J., Yuan, L., Zhang, J., Li, H., Bai, Z., Chen, X., & Zhang, F. (2021). Phosphorus dynamics: From soil to plant. *Plant Physiology*, 187(2), 634–649.

- Stevenson, F. J. (1994). Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. Wiley.
- Sutedjo, M. M. (2010). Pupuk dan Cara Pemupukan. Rineka Cipta.
- Suryani, E., Widodo, Y., & Hidayat, N. (2020). Pengaruh pupuk kandang terhadap sifat tanah dan hasil tanaman legum. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 44(1), 45–55.
- Wijaya, A., & Prasetyo, B. (2021). Respon tanaman kacang-kacangan terhadap pemupukan fosfat dan bahan organik. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 49(2), 134–142.