AGRICA: Journal of Sustainable Dryland Agriculture, 19 (1): 104-119 (2026)
URL: https://e-journal.uniflor.ac.id/index.php/Agr/article/view/289
DOI: https://doi.org/ 10.37478/agr.v19i1.289

RESPON PERTUMBUHAN DAN HASIL KACANG TANAH (*Arachis hypogaea* L.) TERHADAP PUPUK KANDANG AYAM
GROWTH AND YIELD RESPONSE OF PEANUT (*Arachis hypogaea* L.) *TO CHICKEN MANURE APPLICATION*

Yovita Yashinta Bolly[1*], Hendrikus Darwin Beja[1], Gabriel Otan Apelabi[1], Charly Mutiara[2]
Program Studi Agroteknologi, Universitas Nusa Nipa[1]
Jl. Kesehatan-Alok Timur, Sikka-Flores, NTT-Indonesia
Program Studi Agroteknologi, Universitas Flores[2]
Jl. Samratulangi-Ende Tengah, Ende-Flores, NTT-Indonesia
[*]Email correspondence: Vytayovieeta@gmail.com

Info Artikel Diterima: 06/11/2024 Direvisi: 21/01/2026 Disetujui: 15/05/2026

ABSTRAK
Kacang tanah termasuk dalam famili Leguminosae, yang memiliki peluang untuk mengembangkan agroindustri dalam mendukung pembangunan ekonomi daerah yang efisien dan efektif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah, serta dosis optimal pupuk kandang ayam untuk pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah. Penelitian ini dilakukan dari Juni 2018 hingga Oktober 2018. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan, sehingga diperoleh dua puluh empat (24) unit percobaan. Faktor A0: Tanpa pupuk (kontrol), A1: 1,5 kg, A2: 3 kg, A3: 4,5 kg, A4: 6 kg, A5: 7 kg per bed. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman umur 15 dan 30 HST. Berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun tanaman umur 15. Pengaruh yang sangat signifikan terhadap jumlah polong berumur 90 hst dan pengaruh yang sangat signifikan terhadap berat atau berat basah polong kacang tanah berumur 90 hst. Dosis pupuk kandang ayam, 25 ton/ha dalam penelitian ini, merupakan perlakuan dosis pupuk terbaik untuk memberikan pertumbuhan dan produksi kacang tanah Hypoma 1 tertinggi.
KATA KUNCI: Kacang tanah, pertumbuhan, produksi, pupuk kandang ayam

ABSTRACT
Peanut belongs to the Leguminosaceae family, which has the opportunity to develop an agro-industry in supporting efficient and effective regional economic development. The purpose of this study was to determine the effect of giving chicken manure to the growth and production of peanut plants, as well as the optimal dose of chicken manure for the growth and production of peanut plants. The study was conducted from June 2018 to October 2018. The study used a randomized block design (RBD) with 6 treatments and 4 replications, so that twenty-four (24) trial units were obtained. Factor A0: No fertilizer (control), A1: 1.5 kg, A2: 3 kg, A3: 4,5, A4: 6, A5: 7 Kg per bed. The results showed that the provision of chicken manure significantly affected the height of plants aged 15 and 30 HST. Significantly affects the number of leaves of plants aged 15 HST. A very significant effect on the number of pods aged 90 hst and a very significant effect on the weight or wet weight of peanut pods aged 90 HST. The dose of chicken manure, 25 tons/ha in this study, is the best fertilizer dosage treatment to provide the highest growth and production of hypoma 1 peanut.
KEYWORDS: *chicken manure, growth, peanut, production*

Cite this as: Yovita Y Bolly, Hendrikus D Beja, Gabriel O Apelabi, Charly Mutiara (2026). Respon pertumbuhan dan hasil kacang tanah (Arachis hypogaea l.) terhadap pupuk kandang ayam. Agrica: Journal of Sustainable Agriculture, 19(1), 104-119. doi: https://doi.org/ 10.37478/agr.v19i1.289

Copyright (c) 2026 Yovita Y Bolly, Hendrikus D Beja, Gabriel O Apelabi, Charly Mutiara. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Kacang tanah menjadi komoditas strategis karena berperan sebagai sumber pangan sekaligus sumber pendapatan petani, khususnya pada wilayah yang didominasi lahan kering. Namun demikian, produksi kacang tanah nasional masih mengalami fluktuasi akibat perubahan luas panen, penurunan kesuburan tanah, perubahan iklim, dan belum optimalnya penerapan teknologi budidaya. Kondisi tersebut menyebabkan produktivitas kacang tanah nasional masih relatif rendah dibandingkan potensi hasil varietas unggul yang dapat mencapai lebih dari 3 ton ha^{-1}. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas melalui penerapan teknologi budidaya yang efisien dan ramah lingkungan menjadi salah satu prioritas dalam pembangunan pertanian Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2024; Kementerian Pertanian RI, 2024; Sucipto et al., 2022).

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) memiliki potensi yang cukup besar dalam pengembangan tanaman kacang tanah karena didominasi oleh lahan kering yang sesuai untuk budidaya tanaman legum. Meskipun demikian, karakteristik agroekologi NTT yang ditandai oleh curah hujan yang relatif rendah, distribusi hujan yang tidak merata, kandungan bahan organik tanah yang rendah, serta tingginya laju kehilangan unsur hara menyebabkan produktivitas tanaman pangan masih belum optimal. Sebagian besar tanah pertanian di NTT juga memiliki kandungan nitrogen rendah dan kapasitas menahan air yang terbatas sehingga pertumbuhan tanaman sangat bergantung pada pengelolaan bahan organik dan teknologi pemupukan yang tepat. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kandungan bahan organik tanah menjadi salah satu strategi utama dalam meningkatkan produktivitas tanaman pangan pada lahan kering tropika (Agegnehu et al., 2021; Lal, 2020; Dinas Pertanian Provinsi NTT, 2024).

Desa Reroroja yang berada di Kecamatan Magepanda Kabupaten Sikka merupakan salah satu wilayah pertanian di Provinsi NTT yang sebagian besar masyarakatnya menggantungkan mata pencaharian pada sektor pertanian tanaman pangan. Sistem budidaya yang diterapkan petani umumnya masih mengandalkan kesuburan alami tanah dengan penggunaan pupuk organik yang relatif terbatas, sedangkan pemanfaatan pupuk anorganik sering kali belum disesuaikan dengan kebutuhan tanaman maupun kondisi kesuburan tanah. Pengelolaan lahan secara terus-menerus tanpa diimbangi dengan penambahan bahan organik menyebabkan penurunan kualitas tanah yang ditandai dengan rendahnya kandungan bahan organik, menurunnya aktivitas mikroorganisme tanah, serta berkurangnya kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman. Kondisi tersebut pada akhirnya menjadi salah satu faktor pembatas utama dalam peningkatan pertumbuhan dan produksi kacang tanah pada lahan pertanian di Desa Reroroja (Lal, 2020; Agegnehu et al., 2021; Blanco-Canqui, 2022).

Sebagian besar lahan pertanian di wilayah lahan kering mengalami penurunan kandungan bahan organik, rendahnya kapasitas tukar kation, terbatasnya ketersediaan nitrogen dan

fosfor, serta rendahnya aktivitas mikroorganisme tanah. Kondisi tersebut menyebabkan efisiensi pemupukan menjadi rendah sehingga tanaman tidak mampu menyerap unsur hara secara optimal selama fase pertumbuhan vegetatif maupun generatif. Menurut Lal (2020), penurunan kandungan bahan organik merupakan salah satu penyebab utama degradasi lahan pertanian di daerah tropis karena berpengaruh langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Hasil penelitian Blanco-Canqui (2022) juga menunjukkan bahwa rendahnya kandungan bahan organik mengakibatkan menurunnya agregasi tanah, kapasitas menahan air, serta efisiensi pemanfaatan unsur hara oleh tanaman.

Selain kondisi tanah, praktik pemupukan yang diterapkan petani juga menjadi salah satu kendala dalam peningkatan produktivitas kacang tanah. Sebagian besar petani masih mengandalkan pupuk anorganik sebagai sumber utama unsur hara karena memberikan respons pertumbuhan yang relatif cepat. Namun penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus tanpa diimbangi dengan penambahan bahan organik dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah, meningkatnya kemasaman tanah, berkurangnya populasi mikroorganisme menguntungkan, serta menurunnya efisiensi penggunaan pupuk. Dalam jangka panjang kondisi tersebut tidak hanya menurunkan produktivitas tanaman, tetapi juga meningkatkan biaya produksi akibat kebutuhan pupuk yang semakin tinggi. Agegnehu et al. (2021) melaporkan bahwa sistem pemupukan yang mengombinasikan sumber hara organik dan anorganik mampu meningkatkan efisiensi penggunaan hara dibandingkan penggunaan pupuk anorganik secara tunggal. Temuan serupa juga disampaikan oleh Chen et al. (2021), yang menyatakan bahwa pemanfaatan pupuk organik berkontribusi terhadap peningkatan kesehatan tanah (*soil health*) dan produktivitas tanaman secara berkelanjutan.

Salah satu sumber pupuk organik yang mudah diperoleh oleh petani adalah pupuk kandang ayam. Dibandingkan pupuk kandang sapi maupun kambing, pupuk kandang ayam memiliki kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium yang relatif lebih tinggi sehingga mampu menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah lebih besar. Selain sebagai sumber hara, pupuk kandang ayam juga berperan dalam meningkatkan kandungan karbon organik tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas, memperbesar kapasitas menahan air, serta merangsang aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi dan mineralisasi unsur hara. Menurut penelitian Liu et al. (2021), aplikasi pupuk kandang ayam secara berkelanjutan mampu meningkatkan kandungan karbon organik tanah sekaligus memperbaiki efisiensi serapan nitrogen oleh tanaman. Sementara itu, Zhang et al. (2022) melaporkan bahwa pemberian pupuk organik dapat meningkatkan biomassa akar, aktivitas enzim tanah, dan produktivitas tanaman melalui perbaikan kualitas lingkungan perakaran. Pupuk kandang ayam mempunyai potensi yang baik dalam

peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman, karena pupuk kandang ayam mempunyai kandungan N, P, dan K yang lebih tinggi bila dibandingkan pupuk kandang lainnya (Roidah, 2013). Hasil peneltian (Marlina dkk, 2014) pada perlakuan pupuk kandang ayam dengan ukuran bedeng 1,5 m x 2 myang diaplikasikan pada tanaman kacang tanahmenunjukkan bahwa perlakuan 10 ton/ha merupakan dosis pupuk terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi kacang tanah yaitusebesar 2,73 kg/bedeng.

Pada tanaman kacang tanah, keberadaan unsur nitrogen, fosfor, dan kalium dalam jumlah yang cukup sangat menentukan pembentukan bintil akar, perkembangan sistem perakaran, pembentukan ginofor, pengisian polong, hingga pembentukan biji. Walaupun tanaman kacang tanah mampu melakukan fiksasi nitrogen melalui simbiosis dengan bakteri *Rhizobium*, proses tersebut tetap memerlukan kondisi tanah yang subur dan kandungan bahan organik yang memadai agar berlangsung secara optimal. Pemberian pupuk organik mampu meningkatkan jumlah bintil akar efektif, luas daun, laju fotosintesis, serta hasil polong kacang tanah secara nyata dibandingkan tanpa pemberian pupuk organik.

Berbagai penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang ayam memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan dan produksi kacang tanah. Beberapa peneliti melaporkan peningkatan tinggi tanaman, jumlah cabang produktif, jumlah polong berisi, bobot 100 biji, dan hasil per hektar setelah pemberian pupuk kandang ayam. Namun demikian, dosis yang memberikan hasil terbaik sangat bervariasi, mulai dari 5 ton ha^{-1}, 10 ton ha^{-1} hingga lebih dari 15 ton ha^{-1}. Variasi tersebut dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik tanah, kondisi iklim, varietas yang digunakan, tingkat kematangan pupuk kandang, serta sistem budidaya pada masing-masing lokasi penelitian. Oleh karena itu, rekomendasi dosis pupuk kandang ayam yang dihasilkan dari suatu lokasi belum tentu dapat diterapkan secara langsung pada lokasi lain yang memiliki karakteristik agroekologi berbeda (Sucipto et al., 2022; Rahman et al., 2021). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa rekomendasi pemupukan organik sebaiknya disusun berdasarkan karakteristik agroekologi setiap wilayah sehingga lebih adaptif terhadap kondisi lahan dan kebutuhan tanaman (Liu et al., 2021; Zhang et al., 2022; Chen et al., 2021).

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan bahwa pupuk kandang ayam mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kacang tanah, hasil yang diperoleh masih menunjukkan variasi yang cukup besar. Perbedaan tersebut terutama disebabkan oleh keragaman kondisi agroekologi, sifat fisik dan kimia tanah, varietas yang digunakan, tingkat kematangan pupuk kandang, serta dosis yang diaplikasikan pada masing-masing lokasi penelitian. Sebagian besar penelitian terdahulu dilaksanakan pada lahan sawah, tanah aluvial, maupun lahan dengan tingkat kesuburan yang berbeda dengan karakteristik lahan kering di Kabupaten Sikka. Akibatnya, rekomendasi dosis pupuk kandang ayam yang dihasilkan belum dapat diterapkan

secara langsung pada wilayah penelitian karena respons tanaman terhadap pemupukan sangat dipengaruhi oleh kondisi spesifik lokasi (*site-specific nutrient management*). Oleh sebab itu, rekomendasi dosis pupuk organik perlu disusun berdasarkan karakteristik tanah dan lingkungan setempat agar efisiensi pemanfaatan unsur hara dapat ditingkatkan (Agegnehu et al., 2021; Chen et al., 2021; Zhang et al., 2022).

Selain dipengaruhi oleh karakteristik lahan, sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak memfokuskan pengamatan pada peningkatan hasil tanaman tanpa mengkaji secara komprehensif hubungan antara dosis pupuk kandang ayam dengan pertumbuhan vegetatif, pembentukan komponen hasil, dan produksi tanaman secara terpadu. Beberapa penelitian hanya membandingkan satu atau dua taraf dosis sehingga belum mampu menjelaskan kisaran dosis optimum yang paling sesuai untuk menghasilkan pertumbuhan dan produksi maksimum. Di sisi lain, penelitian mengenai penggunaan pupuk kandang ayam pada budidaya kacang tanah di wilayah lahan kering Kabupaten Sikka, khususnya Desa Reroroja Kecamatan Magepanda, masih sangat terbatas. Padahal setiap wilayah memiliki karakteristik tanah, iklim, dan sistem budidaya yang berbeda sehingga respons tanaman terhadap aplikasi pupuk organik dapat menunjukkan hasil yang berbeda pula (Prasad et al., 2023; Blanco-Canqui, 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan di Desa Reroroja, Kecamatan Magepanda, Kabupaten Sikka pada bulan Juni sampai Oktober 2024. Bahan yang diperlukan adalah benih kacang tanah varietas Hypoma 1, Pupuk kandang ayam, air bersih, dan Rhizobium Tanisoy. Sedangkan alat yang digunakan adalah mesin bajak, gembor, alat tulis menulis, skop, timbangan, meter, tali rafia, cangkul dan alat tugal.

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Penelitian ini terdiri atas satu faktor dengan enam perlakuan dan empat kali ulangan sehingga diperoleh 24 unit percobaan yaitu:

- A0 : Tanpa pupuk (kontrol)
- A1 : 5 ton/ha setara dengan 1,5 kg/bedeng
- A2 : 10 ton/ha setara dengan 3 kg/bedeng
- A3 : 15 ton/ha setara dengan 4,5 kg/bedeng
- A4 : 20 ton/ha setara dengan 6 kg/bedeng
- A5 : 25 ton/hasetara dengan 7,5 kg/bedeng

Prosedur penelitian terdiri dari pengolahan lahan, pemupukan, pemilihan benih, penanaman, pemeliharaan dan panen**.** Variabel yang diamati dalam penelitian ini terdiri variabel pertumbuhan dan hasil. Variabel Pertumbuhan terdiri dari tinggi tanaman dan jumlah daun. Sedangkan variable hasil terdiri dari jumlah polong dan berat basah polong. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), dan bila uji ANOVA (Analysis of Variance) berbeda tidak nyata (F hitung < F tabel 5 %), tidak dilakukan uji lanjutan, sedangkan bila

hasil sidik ragam berbeda nyata (F hitung > F tabel 1 %), maka untuk membandingkan kedua rata-rata perlakuan dilakukan uji lanjutan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Ayam terhadap Tinggi Tanaman Kacang Tanah

Hasil analisis sidik ragam pada tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kacang tanah pada umur 15 dan 30 hari setelah tanam (HST). Hasil uji lanjut BNT taraf 5% memperlihatkan bahwa perlakuan A5 (25 ton ha^{-1}) menghasilkan tinggi tanaman tertinggi, yaitu 5,66 cm pada umur 15 HST dan 12,53 cm pada umur 30 HST, sedangkan perlakuan kontrol (A0) menghasilkan tinggi tanaman terendah masing-masing 3,79 cm dan 10,34 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk kandang ayam mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman, terutama pada fase awal pertumbuhan ketika kebutuhan unsur hara untuk pembentukan jaringan tanaman berlangsung sangat intensif.

Tabel 1 Data Pengamatan Tinggi Tanaman(cm) 15 hst.

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata	Simbol Notasi
	I	II	III	IV			
A0	2,63	5,25	3,38	3,88	5,14	3,79	a
A1	3,38	4,25	4,63	5,38	17,64	4,41	b
A2	4,38	5,00	3,75	5,63	18,76	4,69	d
A3	4,88	4,50	4,10	5,00	18,48	4,62	c
A4	4,38	5,13	4,63	5,13	19,27	4,82	e
A5	5,72	5,60	5,60	5,70	22,62	5,66	f

Tabel 2 Data Pengamatan Tinggi Tanaman (cm) 30 hst.

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata	Simbol Notasi
	I	II	III	IV			
A0	11,50	10,25	7,88	11,75	41,38	10,34	a
A1	10,63	11,63	11,43	12,25	45,93	11,48	b
A2	12,13	12,00	10,50	12,25	46,88	11,72	c
A3	12,25	12,25	11,75	11,88	48,13	12,03	d
A4	12,00	11,88	12,00	12,50	48,38	12,09	e
A5	12,00	13,88	12,13	12,63	50,13	12,53	f

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata (5%)

Peningkatan tinggi tanaman pada perlakuan dengan dosis pupuk kandang ayam yang lebih tinggi berkaitan erat dengan meningkatnya ketersediaan unsur hara makro, terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Nitrogen merupakan unsur esensial yang berperan dalam sintesis asam amino, protein, enzim, dan klorofil sehingga berpengaruh langsung terhadap proses pembelahan dan pemanjangan sel. Ketersediaan nitrogen yang mencukupi akan meningkatkan aktivitas fotosintesis, mempercepat pembentukan

jaringan meristem, serta merangsang pertumbuhan batang dan daun. Sementara itu, fosfor berperan dalam metabolisme energi melalui pembentukan ATP dan mendukung perkembangan sistem perakaran, sedangkan kalium berfungsi mengatur aktivitas enzim, keseimbangan osmotik, serta translokasi hasil fotosintesis ke seluruh bagian tanaman. Sinergi ketiga unsur tersebut memungkinkan tanaman memanfaatkan hasil fotosintesis secara lebih efisien untuk pertumbuhan vegetatif (Agegnehu et al., 2021).

Selain sebagai sumber unsur hara, pupuk kandang ayam juga memberikan kontribusi penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Penambahan bahan organik meningkatkan stabilitas agregat tanah, porositas, kapasitas menahan air, dan kapasitas tukar kation sehingga lingkungan perakaran menjadi lebih baik bagi pertumbuhan tanaman. Perbaikan kondisi tanah tersebut meningkatkan perkembangan akar, memperluas daerah jelajah akar, serta meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan unsur hara. Aktivitas mikroorganisme tanah juga meningkat karena tersedianya sumber karbon dari bahan organik, sehingga proses dekomposisi dan mineralisasi unsur hara berlangsung lebih cepat dan berkelanjutan. Kondisi ini mendukung tersedianya unsur hara selama fase pertumbuhan vegetatif tanaman kacang tanah (Chen et al., 2021; Diacono & Montemurro, 2015; Blanco-Canqui, 2021).

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya hubungan yang positif antara peningkatan dosis pupuk kandang ayam dengan pertumbuhan tinggi tanaman. Namun demikian, peningkatan tinggi tanaman dari dosis 20 ton ha^{-1} menjadi 25 ton ha^{-1} relatif lebih kecil dibandingkan peningkatan yang terjadi pada dosis sebelumnya. Fenomena tersebut mengindikasikan bahwa pada dosis yang lebih tinggi tanaman mulai mendekati kondisi kecukupan hara sehingga tambahan pupuk tidak lagi menghasilkan peningkatan pertumbuhan yang proporsional. Dalam ilmu hara tanaman kondisi ini dikenal sebagai hukum hasil yang semakin berkurang (law of diminishing returns), yaitu ketika setiap penambahan input menghasilkan tambahan output yang semakin kecil karena kebutuhan hara tanaman telah mendekati titik optimum. Selain itu, pelepasan unsur hara dari pupuk organik berlangsung secara bertahap sehingga sebagian unsur hara yang diberikan belum seluruhnya tersedia selama fase awal pertumbuhan tanaman (Agegnehu et al., 2021).

Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Ayam terhadap Jumlah Daun

Hasil penelitian pada tabel 3 dan 4 menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam memberikan pengaruh yang berbeda terhadap jumlah daun tanaman kacang tanah pada umur 15 dan 30 hari setelah tanam (HST). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pada umur 15 HST perlakuan memberikan pengaruh nyata, dengan perlakuan A4 (20 ton ha^{-1}) menghasilkan jumlah daun tertinggi yaitu 34,25 helai, sedangkan pada umur 30 HST seluruh perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata meskipun secara numerik perlakuan A4 tetap menghasilkan rata-rata jumlah

daun tertinggi yaitu 142,25 helai. Hasil tersebut menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap pemberian pupuk kandang ayam lebih nyata pada fase vegetatif awal dibandingkan pada fase pertumbuhan selanjutnya. Pada fase awal, tanaman memerlukan pasokan unsur hara dalam jumlah yang cukup untuk mendukung pembentukan jaringan vegetatif, sedangkan pada fase berikutnya pertumbuhan tanaman mulai dikendalikan oleh faktor fisiologis dan genetik serta perubahan alokasi fotosintat menuju organ reproduktif (Chen et al., 2021; Lal, 2020).

Tabel 3 Data Pengamatan Jumlah Daun (Helai) 15 hst.

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata	Simbol Notasi
	I	II	III	IV			
A0	30	36	26	35	127	31,75	a
A1	27	35	30	34	126	31,5	a
A2	34	34	28	35	131	32,75	a
A3	30	35	30	32	127	31,75	a
A4	33	36	33	35	137	34,25	b
A5	31	36	28	34	129	32,25	a

Tabel 4. Data Pengamatan Jumlah Daun (Helai) 30 hst.

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata	Simbol Notasi
	I	II	III	IV			
A0	138	145	74	144	501	125.13	a
A1	101	142	109	146	498	124.50	a
A2	145	138	97	146	525	131.13	a
A3	132	148	142	145	566	141.38	a
A4	130	144	145	151	569	142.25	a
A5	148	150	108	147	551	137.75	a

Peningkatan jumlah daun pada umur 15 dan 30 HST diduga berkaitan erat dengan meningkatnya ketersediaan nitrogen yang berasal dari pupuk kandang ayam. Nitrogen merupakan unsur hara utama penyusun klorofil, asam amino, protein, dan enzim yang berperan penting dalam pembelahan serta pembesaran sel. Ketersediaan nitrogen yang cukup akan meningkatkan pembentukan daun baru, memperluas luas daun, dan meningkatkan kandungan klorofil sehingga kemampuan tanaman melakukan fotosintesis menjadi lebih tinggi. Selain nitrogen, pupuk kandang ayam juga menyediakan fosfor dan kalium yang berperan dalam pembentukan sistem perakaran, metabolisme energi, dan translokasi hasil fotosintesis. Kombinasi ketiga unsur tersebut memungkinkan pertumbuhan vegetatif berlangsung lebih cepat sehingga tanaman mampu menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak pada fase awal pertumbuhan (Diacono & Montemurro, 2015; Chen et al., 2021).

Selain menyediakan unsur hara, pupuk kandang ayam juga memperbaiki kualitas tanah melalui peningkatan kandungan bahan organik. Penambahan bahan organik mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas, kapasitas menahan air, kapasitas tukar

kation, serta merangsang aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi dan mineralisasi unsur hara. Perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah tersebut menciptakan lingkungan perakaran yang lebih baik sehingga akar tanaman berkembang lebih optimal dan mampu menyerap air serta unsur hara secara lebih efisien. Dengan meningkatnya efisiensi penyerapan unsur hara, proses pembentukan daun berlangsung lebih cepat pada fase vegetatif awal dibandingkan tanaman yang tidak memperoleh pupuk kandang ayam (Blanco-Canqui, 2021; Yadav et al., 2022).

Meskipun demikian, pada umur 30 HST pemberian pupuk kandang ayam tidak lagi memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah daun. Kondisi ini menunjukkan bahwa setelah tanaman memasuki fase pertumbuhan lanjut, pembentukan daun tidak lagi hanya ditentukan oleh ketersediaan unsur hara, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik genetik tanaman dan perubahan fase fisiologis. Pada tanaman kacang tanah, umur sekitar 30 HST merupakan periode awal pembungaan dan pembentukan ginofor. Pada fase ini sebagian besar hasil fotosintesis mulai dialokasikan untuk pembentukan organ reproduktif sehingga laju pembentukan daun baru menurun. Menurut Taiz et al. (2018), perubahan distribusi fotosintat dari organ vegetatif menuju organ reproduktif merupakan mekanisme fisiologis yang umum terjadi pada tanaman semusim sebagai bagian dari strategi pembentukan hasil.

Tidak berbeda nyatanya jumlah daun pada umur 30 HST juga dapat disebabkan oleh semakin rapatnya tajuk tanaman akibat pertumbuhan vegetatif yang semakin sempurna. Kanopi yang mulai menutup menyebabkan intensitas cahaya yang diterima daun bagian bawah berkurang sehingga efisiensi fotosintesis mengalami penurunan. Kondisi tersebut meningkatkan kompetisi antar daun terhadap cahaya dan ruang tumbuh sehingga pembentukan daun baru berlangsung lebih lambat. Selain itu, pelepasan unsur hara dari pupuk kandang ayam berlangsung secara bertahap (slow release), sehingga sebagian unsur hara yang masih tersedia lebih banyak dimanfaatkan untuk mendukung pembentukan bunga, ginofor, dan polong dibandingkan pembentukan daun baru. Dengan demikian, meskipun secara numerik dosis pupuk kandang ayam yang lebih tinggi masih menghasilkan jumlah daun lebih banyak, perbedaannya tidak cukup besar untuk memberikan pengaruh nyata secara statistik (Agegnehu et al., 2022; Chen et al., 2021).

Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Ayam terhadap Jumlah Polong

Hasil penelitian pada tabel 5 menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam berpengaruh nyata terhadap jumlah polong. Perlakuan A5 (25 ton ha^{-1}) menghasilkan jumlah polong tertinggi yaitu 68,23 polong, diikuti oleh perlakuan A4 (20 ton ha^{-1}) sebesar 67,10 polong, sedangkan perlakuan kontrol (A0) hanya menghasilkan 47,95 polong. Peningkatan jumlah polong tersebut menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam mampu menciptakan kondisi pertumbuhan yang lebih baik sehingga

proses pembentukan bunga, perkembangan ginofor, dan pembentukan polong berlangsung lebih optimal dibandingkan tanpa pemberian pupuk organik.

Tabel 5 Data Pengamatan Jumlah Polong 90 hst

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata	Simbol Notasi
	I	II	III	IV			
A0	47	55	44	47	192	47.95	a
A1	56	59	55	55	223.2	55.80	a
A2	69	68	42	73	251	62.70	b
A3	61	64	50	62	237	59.13	a
A4	71	69	56	72	268.4	67.10	c
A5	73	71	57	72	272.9	68.23	d

Peningkatan jumlah polong pada perlakuan dosis pupuk kandang ayam yang lebih tinggi erat kaitannya dengan meningkatnya ketersediaan unsur hara makro, khususnya nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Fosfor berperan penting dalam metabolisme energi melalui pembentukan adenosin trifosfat (ATP), merangsang pembungaan, mempercepat pembentukan ginofor, serta mendukung perkembangan embrio dan pengisian biji. Kalium berfungsi mengaktifkan berbagai enzim, mengatur keseimbangan air di dalam sel, serta meningkatkan translokasi hasil fotosintesis dari daun menuju organ reproduktif. Sementara itu, nitrogen mendukung pembentukan tajuk yang sehat sehingga luas bidang fotosintesis meningkat dan menghasilkan asimilat yang cukup untuk mendukung pembentukan polong. Kombinasi ketiga unsur tersebut menyebabkan efisiensi pembentukan polong menjadi lebih tinggi pada tanaman yang memperoleh pupuk kandang ayam dibandingkan perlakuan kontrol (Chen et al., 2021; Lal, 2020).

Selain menyediakan unsur hara, pupuk kandang ayam berfungsi sebagai sumber bahan organik yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Penambahan bahan organik meningkatkan stabilitas agregat tanah, memperbaiki aerasi dan porositas, meningkatkan kapasitas menahan air, serta meningkatkan kapasitas tukar kation. Kondisi tersebut sangat penting bagi tanaman kacang tanah karena pembentukan polong diawali oleh penetrasi ginofor ke dalam tanah. Tanah yang gembur akan mempermudah ginofor menembus permukaan tanah sehingga perkembangan polong berlangsung lebih sempurna. Sebaliknya, tanah yang padat atau miskin bahan organik dapat menghambat penetrasi ginofor sehingga jumlah polong yang terbentuk menjadi lebih sedikit. Perbaikan kondisi tanah akibat aplikasi pupuk organik juga meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi dan mineralisasi unsur hara sehingga ketersediaan hara tetap terjaga selama fase reproduktif tanaman

(Blanco-Canqui, 2021; Yadav et al., 2022).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa peningkatan jumlah polong antara dosis 20 ton ha^{-1} dan 25 ton ha^{-1} relatif kecil meskipun secara statistik perlakuan 25 ton ha^{-1} masih memberikan nilai tertinggi. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa pada dosis sekitar 20 ton ha^{-1} sebagian besar kebutuhan hara tanaman telah terpenuhi sehingga tambahan pupuk hingga 25 ton ha^{-1} hanya memberikan peningkatan hasil yang relatif terbatas. Fenomena ini sesuai dengan konsep hasil tambahan yang semakin menurun (law of diminishing returns), yaitu ketika peningkatan input tidak lagi diikuti oleh peningkatan output secara proporsional karena tanaman telah mendekati tingkat kecukupan hara. Pada kondisi tersebut, faktor pembatas pertumbuhan tidak lagi didominasi oleh ketersediaan unsur hara, tetapi mulai dipengaruhi oleh faktor lain seperti kapasitas genetik varietas, intensitas cahaya, ketersediaan air, dan kondisi lingkungan selama pembentukan polong (Lal, 2020; Agegnehu et al., 2022).

Temuan penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik mampu meningkatkan komponen hasil tanaman legum melalui perbaikan kualitas tanah dan peningkatan efisiensi penggunaan hara. Chen et al. (2021) melaporkan bahwa aplikasi pupuk kandang secara berkelanjutan meningkatkan kandungan karbon organik tanah dan memperbaiki efisiensi pemanfaatan unsur hara sehingga produktivitas tanaman meningkat. Yadav et al. (2022) juga menyatakan bahwa pemberian pupuk organik dalam jangka panjang meningkatkan aktivitas biologis tanah dan memperbaiki ketersediaan unsur hara yang berkontribusi terhadap peningkatan hasil tanaman. Selain itu, Blanco-Canqui (2021) menjelaskan bahwa peningkatan kandungan bahan organik memperbaiki kualitas lingkungan perakaran sehingga perkembangan sistem akar dan organ reproduktif berlangsung lebih optimal. Hasil-hasil tersebut mendukung temuan penelitian ini bahwa peningkatan jumlah polong tidak hanya dipengaruhi oleh tambahan unsur hara yang tersedia, tetapi juga oleh perbaikan kualitas tanah sebagai media tumbuh.

Secara fisiologis, pembentukan jumlah polong merupakan hasil interaksi antara kapasitas tanaman menghasilkan fotosintat (source) dengan kemampuan organ reproduktif memanfaatkan hasil fotosintesis (sink). Pemberian pupuk kandang ayam meningkatkan pertumbuhan vegetatif pada fase awal sehingga luas daun dan kapasitas fotosintesis meningkat. Kondisi tersebut menghasilkan akumulasi fotosintat yang lebih besar dan selanjutnya dialokasikan untuk pembentukan bunga, ginofor, serta pengisian polong. Dengan demikian, peningkatan jumlah polong pada penelitian ini merupakan konsekuensi dari membaiknya kondisi nutrisi tanaman dan lingkungan perakaran akibat aplikasi pupuk kandang ayam. Hasil penelitian ini memperkuat konsep bahwa pemanfaatan pupuk organik tidak hanya berfungsi sebagai sumber unsur hara, tetapi juga sebagai pembenah tanah yang mampu meningkatkan

produktivitas kacang tanah secara berkelanjutan, khususnya pada lahan dengan kandungan bahan organik yang relatif rendah.

Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Ayam terhadap Berat Basah Polong

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam berpengaruh nyata terhadap berat basah polong (tabel 6). Perlakuan A5 (25 ton ha^{-1}) menghasilkan berat basah polong tertinggi yaitu 1,83 kg, sedangkan perlakuan kontrol (A0) hanya menghasilkan 0,88 kg. Seluruh perlakuan menunjukkan kecenderungan peningkatan berat basah polong seiring dengan meningkatnya dosis pupuk kandang ayam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk kandang ayam mampu menciptakan kondisi pertumbuhan yang lebih baik sehingga proses pembentukan dan pengisian polong berlangsung lebih optimal dibandingkan tanpa pemberian pupuk organik.

Tabel 6. Data Pengamatan Berat Basah (kg) Polong Tanaman Sampel 90 hst

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata	Simbol Notasi
	I	II	III	IV			
A0	1.00	0.80	0.90	0.80	4	0.88	a
A1	1.50	1.50	1.20	1.00	5.2	1.30	b
A2	1.80	1.80	1.00	1.00	6	1.40	c
A3	2.00	1.40	1.00	1.50	6	1.48	d
A4	2.00	2.00	1.30	1.80	7.1	1.78	e
A5	2.00	2.00	1.30	2.00	7.3	1.83	f

Peningkatan berat basah polong pada penelitian ini merupakan konsekuensi dari meningkatnya jumlah polong serta berkembangnya ukuran polong yang lebih baik. Kondisi tersebut erat kaitannya dengan meningkatnya kemampuan tanaman menghasilkan fotosintat selama fase vegetatif yang kemudian ditranslokasikan menuju organ reproduktif selama fase pengisian biji. Ketersediaan nitrogen yang cukup dari pupuk kandang ayam meningkatkan pembentukan klorofil dan luas daun sehingga laju fotosintesis meningkat. Selanjutnya, fosfor berperan dalam metabolisme energi yang diperlukan selama pembentukan bunga, ginofor, dan biji, sedangkan kalium berfungsi mengoptimalkan translokasi karbohidrat dari daun menuju polong. Sinergi ketiga unsur hara tersebut memungkinkan proses pengisian polong berlangsung lebih sempurna sehingga berat basah polong meningkat secara nyata pada dosis pupuk yang lebih tinggi (Chen et al., 2021; Lal, 2020).

Selain berperan sebagai sumber unsur hara, pupuk kandang ayam juga memperbaiki sifat fisik tanah yang sangat berpengaruh terhadap perkembangan polong kacang tanah. Penambahan bahan organik meningkatkan stabilitas agregat tanah, porositas, aerasi, serta kapasitas tanah dalam menyimpan air. Kondisi tersebut sangat penting karena perkembangan ginofor hingga pembentukan polong berlangsung di dalam tanah sehingga

memerlukan media yang gembur dan memiliki kelembapan yang stabil. Tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi akan memudahkan penetrasi ginofor ke dalam tanah sekaligus mengurangi hambatan mekanis terhadap perkembangan polong. Sebaliknya, tanah yang padat dan miskin bahan organik sering kali menyebabkan perkembangan polong tidak optimal sehingga menurunkan bobot hasil panen (Blanco-Canqui, 2021; Padbhushan et al., 2022).

Peningkatan berat basah polong juga berkaitan dengan membaiknya sifat biologis tanah akibat aplikasi pupuk kandang ayam. Bahan organik merupakan sumber energi bagi mikroorganisme tanah yang berperan dalam proses dekomposisi dan mineralisasi unsur hara. Aktivitas mikroba yang lebih tinggi menyebabkan pelepasan nitrogen, fosfor, dan unsur hara lainnya berlangsung secara bertahap (slow release), sehingga ketersediaan hara tetap terjaga selama fase pengisian biji. Kondisi tersebut meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman dan mendukung pembentukan biji yang lebih bernas serta polong yang lebih berat. Chen et al. (2021) melaporkan bahwa aplikasi pupuk kandang secara berkelanjutan mampu meningkatkan kandungan karbon organik tanah dan memperbaiki efisiensi pemanfaatan unsur hara sehingga berdampak positif terhadap produktivitas tanaman. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Yadav et al. (2022) yang menyatakan bahwa pemupukan organik meningkatkan aktivitas biologis tanah serta memperbaiki dinamika hara yang mendukung peningkatan hasil tanaman.

Meskipun perlakuan A5 (25 ton ha^{-1}) menghasilkan berat basah polong tertinggi, peningkatan dibandingkan perlakuan A4 (20 ton ha^{-1}) relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa pada dosis sekitar 20 ton ha^{-1} kebutuhan hara tanaman telah mendekati kondisi optimum sehingga penambahan pupuk menjadi 25 ton ha^{-1} hanya memberikan tambahan hasil yang terbatas. Fenomena tersebut sesuai dengan konsep law of diminishing returns, yaitu ketika peningkatan input tidak lagi menghasilkan peningkatan output secara proporsional karena faktor pembatas pertumbuhan mulai bergeser dari ketersediaan hara menuju faktor lingkungan lainnya, seperti intensitas cahaya, kapasitas genetik tanaman, kelembapan tanah, maupun efisiensi fotosintesis (Lal, 2020). Oleh karena itu, meskipun dosis tertinggi memberikan hasil terbaik secara agronomis, penentuan dosis optimum sebaiknya juga mempertimbangkan efisiensi penggunaan pupuk dan keuntungan ekonomi usahatani.

Hasil penelitian ini konsisten dengan berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa pemanfaatan pupuk organik mampu meningkatkan komponen hasil tanaman melalui perbaikan kualitas tanah dan efisiensi penggunaan hara. Blanco-Canqui (2021) menjelaskan bahwa peningkatan kandungan bahan organik memperbaiki fungsi tanah sebagai media tumbuh sehingga produktivitas tanaman meningkat secara berkelanjutan. Padbhushan et al. (2022) menyatakan bahwa pengelolaan bahan organik memberikan dampak positif

terhadap kualitas tanah, aktivitas mikroba, dan produktivitas tanaman. Selain itu, Chen et al. (2021) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang meningkatkan cadangan karbon organik tanah yang berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi pemanfaatan unsur hara. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat bukti bahwa pupuk kandang ayam tidak hanya berfungsi sebagai sumber unsur hara, tetapi juga sebagai pembenah tanah yang mampu meningkatkan kualitas lingkungan tumbuh sehingga mendukung pembentukan polong yang lebih optimal.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk kandang ayam memberikan pengaruh positif terhadap seluruh komponen pertumbuhan dan hasil tanaman kacang tanah. Perlakuan A5 (25 ton ha^{-1}) merupakan perlakuan terbaik berdasarkan variabel tinggi tanaman, jumlah polong, dan berat basah polong, sedangkan jumlah daun tertinggi pada fase vegetatif awal diperoleh pada perlakuan A4 (20 ton ha^{-1}). Temuan tersebut menunjukkan bahwa pupuk kandang ayam berpotensi menjadi sumber hara organik yang efektif untuk meningkatkan produktivitas kacang tanah, terutama pada lahan yang memiliki kandungan bahan organik rendah. Namun demikian, mengingat perbedaan hasil antara dosis 20 ton ha^{-1} dan 25 ton ha^{-1} relatif kecil, penelitian lanjutan mengenai analisis efisiensi ekonomi, efisiensi penggunaan hara, dan rasio manfaat-biaya sangat diperlukan untuk menentukan dosis yang paling menguntungkan bagi petani tanpa mengurangi produktivitas tanaman.

SIMPULAN

Berdasarkan isi hasil analisis data pembahasan, dapat diambil kesimpulan bahwa pemberian pupuk kandang ayam berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun pada umur tanaman kacang tanah 15 setelah tanam, berpengaruh nyata terhadap jumlah polong dan berat basah polong kacang tanah umur 90 hari setelah tanam. Dosis pupuk kandang ayam 25 ton/ha dalam penelitian ini merupakan perlakuan dosis pupuk terbaik untuk memberikan pertumbuhan dan produksi tertinggi tanaman kacang tanah hypoma 1.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan limpah terimakasih pada semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penelitian dan penulisan artikel ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Agegnehu, G., Srivastava, A. K., & Bird, M. I. (2022). The role of biochar and organic amendments in improving soil fertility and crop productivity: A review. *Biochar, 4*(1), 1–28.

Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistik Hortikultura 2025*. Badan Pusat Statistik.

Blanco-Canqui, H. (2021). Does biochar improve all soil ecosystem services? *GCB Bioenergy, 13*(2), 291–304. https://doi.org/10.1111/gcbb.12783

Chen, J., Guo, J., Wang, Y., Cao, W., & Song, H. (2021). Responses of soil organic carbon stock to animal manure application: A new global synthesis integrating the impacts of agricultural managements and

environmental conditions. *Global Change Biology, 27*(20), 5356–5367. https://doi.org/10.1111/gcb.15731

Diacono, M., & Montemurro, F. (2015). Effectiveness of organic wastes as fertilizers and amendments in salt-affected soils. Agriculture, 5(2), 221–230. https://doi.org/10.3390/agriculture5020221

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *FAOSTAT Crops and Livestock Products*. https://www.fao.org/faostat/

Hartoni. 2014. *Pengolahan Lahan Tanah Ketela Pohon Singkong.* Serial online (http://agromaret.com/artikel/621/pengolahan_lahan_tanah_ketela_pohon_singkong). Diakses 18April 2018

Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2024). *Statistik Pertanian 2024*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.

Lal, R. (2020). Managing soils for negative feedback to climate change and positive impact on food and nutritional security. *Soil Science and Plant Nutrition, 66*(1), 1–9. https://doi.org/10.1080/00380768.2020.1718548

Li, B., Song, H., Cao, W., Wang, Y., Chen, J., & Guo, J. (2021). Responses of soil organic carbon stock to animal manure application: A new global synthesis integrating the impacts of agricultural managements and environmental conditions. *Global Change Biology, 27*(20), 5356–5367. https://doi.org/10.1111/gcb.15731

Manurung, M. 2016. *Pengaruh DosisPupuk kandang Terhadap PertumbuhanDan Hasil kacang Tanah (arachyshipogea L.)*. Jurnal Ilmiah ResearchSains, 2(3).

Marlina, N., Aminah, R. I. S.,Rosmiah, R., & Setel, L. R. 2014. *Aplikasi Pupuk Kandang Kotoran Ayam Pada Tanaman Kacang Tanah (arachis hypogea L.)*Biosaintifika,7 (2). https://doi.org/10.15294/biosaintifika. v7i2.3957

Padbhushan, R., Kumar, U., Sharma, S., Rana, D. S., Kumar, R., Kohli, A., Kumari, P., Parmar, B., Kaviraj, M., Sinha, A. K., Annapurna, K., & Gupta, V. V. S. R. (2022). Impact of land-use changes on soil properties and carbon pools in India: A meta-analysis. *Frontiers in nmental Science, 9*, 794866. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.794866

Roidah, I. S. 2013.*Manfaat Penggunaan Pupuk Organik untuk Kesuburan Tanah*, Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo 1(1): 30-42

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2018). Plant Physiology and Development (7th ed.). Oxford University Press.

Tjahjo Purtomo, Siti Mujanah &Tiurma Wiliana Susanti P. 2014. *Pengaruh Penggunaan Pupuk Organik Hayati Herhadap Sifat Kimia Tanah Pertanian*.UNTAG, Surabaya

Wang, S., & Huang, Y. (2020). Determinants of soil organic carbon sequestration and its contribution to ecosystem carbon sinks of planted forests. *Global Change Biology, 26*(6), 3163–3173. https://doi.org/10.1111/gcb.15036

Wang, S., Wang, Z., Heinonsalo, J., Zhang, Y., & Liu, G. (2022). Soil organic carbon stocks and dynamics in a mollisol region: A 1980s–2010s study. *Science of the Total Environment, 807*, 150910. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150910

Xiang, Y., Cheng, M., Wen, Y., & Darboux, F. (2022). Soil organic carbon sequestration under long-term chemical and manure fertilization in a cinnamon soil, northern China. *Sustainability, 14*(9), 5109.

https://doi.org/10.3390/su14095109

Yadav, S., Babu, S., Yadav, M. K., Singh, K., Yadav, G. S., & Pal, S. (2022). Impact of long-term nutrient management on sequestration and dynamics of soil organic carbon in a semi-arid tropical Alfisol of India. *Applied Soil Ecology, 177*, 104549. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104549