



Respons Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine Max L.*) terhadap Aplikasi Kascing pada Kondisi Cekaman Kekeringan di Tanah Ultisol

Ari Andani Nasution^{1*}, Zul Fahmi², Endah Cahyani Simamora³

¹⁻³Program Studi Peternakan, Institut Teknologi dan Sains Padang Lawas Utara, Indonesia

*Penulis Korespondensi: ariandaninasution81094@gmail.com

Abstract. Ultisol soil has limited fertility and low water-holding capacity, making it susceptible to drought stress in soybean cultivation. The application of kascing organic fertilizer has the potential to improve the soil's physical and chemical properties and enhance the plants' tolerance to water stress. This study aims to analyze the effect of kascing doses on soybean growth and yield under varying levels of drought stress in Ultisol soil. The study used a two-factor factorial Randomized Block Design (RBD) with three replications. The first factor was cassava dosage (0, 5, and 10 tons ha⁻¹) and the second factor was drought stress levels (100%, 75%, and 50% of field capacity). Observed parameters included plant height, number of leaves, number of pods per plant, seed weight per plant, seed yield per hectare, and soil organic matter content. Data were analyzed using ANOVA and the 5% LSD test. Research results show that the application of composting increases soybean growth and yield significantly. Drought stress reduces productivity, but the application of composting can mitigate the negative effects of drought. The combination of 10 tons ha⁻¹ of composting at 75% field capacity produced the highest productivity of 3.42 tons ha⁻¹.

Keywords: Drought Stress; Kascing; Productivity; Soybean; Ultisol.

Abstrak. Tanah Ultisol memiliki keterbatasan kesuburan dan kapasitas menahan air yang rendah, sehingga rentan terhadap cekaman kekeringan pada budidaya kedelai. Pemberian pupuk organik kascing berpotensi memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dosis kascing terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada berbagai tingkat cekaman kekeringan di tanah Ultisol. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dua faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah dosis kascing (0, 5, dan 10 ton ha⁻¹) dan faktor kedua adalah tingkat cekaman kekeringan (100%, 75%, dan 50% kapasitas lapang). Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah polong per tanaman, bobot biji per tanaman, hasil biji per hektar, serta kandungan bahan organik tanah. Data dianalisis menggunakan ANOVA dan uji BNT 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi kascing meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai secara nyata. Cekaman kekeringan menurunkan produktivitas, namun pemberian kascing mampu mengurangi dampak negatif kekeringan. Kombinasi kascing 10 ton ha⁻¹ pada 75% kapasitas lapang menghasilkan produktivitas tertinggi sebesar 3,42 ton ha⁻¹.

Kata kunci: Cekaman Kekeringan; Kascing; Kedelai; Produktivitas; Ultisol.

1. PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max L.*) merupakan komoditas pangan strategis yang berperan penting sebagai sumber protein nabati utama di Indonesia. Kebutuhan kedelai nasional terus meningkat, namun produktivitas dalam negeri masih belum optimal, terutama pada lahan suboptimal seperti Ultisol (BPS, 2023). Tantangan utama pengembangan kedelai saat ini adalah keterbatasan lahan subur serta meningkatnya tekanan perubahan iklim yang memicu ketidakpastian ketersediaan air.

Tanah Ultisol merupakan salah satu jenis tanah yang luas penyebarannya di Indonesia dan berpotensi untuk pengembangan tanaman pangan. Namun demikian, Ultisol memiliki karakteristik pH masam, kejenuhan basa rendah, kandungan bahan organik rendah, serta kapasitas tukar kation yang terbatas (Prasetyo & Suriadikarta, 2020). Kondisi tersebut

menyebabkan rendahnya ketersediaan unsur hara dan kemampuan tanah dalam menahan air, sehingga kurang mendukung pertumbuhan optimal kedelai.

Perubahan iklim global turut memperparah kondisi tersebut melalui meningkatnya frekuensi dan intensitas cekaman kekeringan. Cekaman kekeringan merupakan salah satu faktor abiotik utama yang membatasi pertumbuhan dan hasil kedelai (Farooq et al., 2021). Kekurangan air pada fase vegetatif menghambat pembentukan daun dan batang, sedangkan pada fase generatif dapat menurunkan pembentukan polong dan pengisian biji (Zhang et al., 2020). Defisit air juga menyebabkan penutupan stomata, penurunan laju fotosintesis, serta gangguan metabolisme tanaman yang berdampak langsung terhadap produktivitas.

Upaya peningkatan produktivitas kedelai pada tanah Ultisol memerlukan pendekatan pengelolaan tanah yang berkelanjutan. Salah satu strategi yang banyak direkomendasikan adalah peningkatan kandungan bahan organik tanah. Bahan organik berperan penting dalam memperbaiki agregasi tanah, meningkatkan porositas, serta memperbesar kapasitas retensi air (Lal, 2020). Peningkatan bahan organik juga dapat memperbaiki aktivitas mikroorganisme tanah yang berkontribusi terhadap mineralisasi unsur hara.

Kascing (vermicompost) merupakan pupuk organik hasil dekomposisi bahan organik oleh aktivitas cacing tanah yang kaya akan unsur hara makro dan mikro, asam humat, serta mikroorganisme bermanfaat (Sinha et al., 2021). Aplikasi vermicompost dilaporkan mampu meningkatkan tinggi tanaman, luas daun, serta hasil biji pada berbagai tanaman pangan (Arancon & Edwards, 2022). Selain itu, kandungan bahan organik yang tinggi dalam kascing dapat meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air, sehingga berpotensi meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan (Gupta et al., 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air (water use efficiency) pada tanaman legum di bawah kondisi stres kekeringan (Kumar et al., 2022). Namun demikian, kajian yang secara khusus mengevaluasi interaksi antara dosis kascing dan tingkat cekaman kekeringan pada tanah Ultisol masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya dilakukan pada tanah dengan tingkat kesuburan sedang atau pada kondisi irigasi optimal, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi lahan suboptimal di Indonesia.

Kesenjangan penelitian (research gap) tersebut menunjukkan perlunya kajian lebih mendalam mengenai efektivitas kascing dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai pada berbagai tingkat ketersediaan air di tanah Ultisol. Penentuan dosis optimum kascing pada kondisi cekaman kekeringan yang berbeda sangat penting untuk menghasilkan rekomendasi teknis yang efisien dan aplikatif bagi petani.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respons pertumbuhan dan hasil kedelai terhadap aplikasi kascing pada berbagai tingkat cekaman kekeringan di tanah Ultisol. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi pemupukan organik untuk meningkatkan ketahanan kedelai terhadap stres kekeringan serta mendukung sistem pertanian berkelanjutan di lahan suboptimal.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan September–Desember 2025 di lahan percobaan Desa Sidingkat, Kabupaten Padang Lawas Utara pada tanah dengan klasifikasi Ultisol. Lokasi penelitian berada pada ketinggian ± 45 m dpl.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih kedelai varietas unggul (Anjasmoro), kascing (vermicompost) matang hasil dekomposisi limbah organik oleh cacing tanah *Eisenia fetida*, pupuk dasar (jika digunakan sebagai standar), air irigasi, serta bahan kimia untuk analisis tanah.

Alat yang digunakan meliputi cangkul, timbangan digital, meteran, oven pengering, alat pengukur kadar air tanah (soil moisture meter), sprayer, alat tulis, dan peralatan laboratorium untuk analisis bahan organik tanah metode Walkley and Black.

Rancangan Percobaan

Percobaan ini menggunakan pola faktorial dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama terdiri atas 3 taraf dan faktor kedua terdiri atas 3 taraf dengan 3 kelompok sehingga secara keseluruhan terdapat 27 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdapat 20 tanaman sehingga keseluruhan berjumlah 540 tanaman dan 4 tanaman digunakan sebagai sampel.

Faktor pertama adalah berbagai dosis kascing yang terdiri dari 3 taraf, yaitu :

K0 = 0 ton/ha

K2 = 5 ton/ha

K3 = 10 ton/ha

Faktor kedua adalah cekaman kekeringan yang terdiri dari 3 taraf, yaitu :

CO = 100% kapasitas lapang (tanpa cekaman)

C1 = 75% kapasitas lapang (cekaman sedang)

C2 = 50% kapasitas lapang (cekaman berat)

Data dari hasil pengamatan dilakukan analisis statistik dengan uji F pada taraf nyata 5%. Jika F hitung lebih besar dari F tabel 5% maka dilanjutkan dengan uji Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT).

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan Lahan

Lahan dibersihkan dari tanaman pengganggu menggunakan cangkul dan parang. Pengolahan tanah dilakukan dengan cara membalikan tanah dan memecah bongkahan tanah dengan menggunakan cangkul agar diperoleh tanah yang gembur. Tanah dicangkul sedalam 20-25 cm. Selanjutnya, dibuat petakan dengan ukuran 1,6 m x 1 m sebanyak 36 petak dengan jarak antar petakan 50 cm.

Aplikasi Kascing

Kascing diaplikasikan sesuai dosis perlakuan satu minggu sebelum tanam. Kascing ditebarkan merata di permukaan tanah kemudian diinkorporasikan hingga kedalaman ± 15 cm.

Penanaman

Benih kedelai ditanam dengan jarak tanam 40 cm $\times$ 20 cm, dua benih per lubang tanam. Setelah 7 hari setelah tanam (HST), dilakukan penyulaman dan penjarangan sehingga tersisa satu tanaman per lubang.

Penerapan Cekaman Kekeringan

Cekaman kekeringan diterapkan mulai umur 21 HST hingga fase pengisian polong. Pengaturan kadar air tanah dilakukan berdasarkan persentase kapasitas lapang yang ditentukan melalui metode gravimetrik. Kapasitas lapang ditentukan dengan menjenuhkan tanah kemudian membiarkannya hingga mencapai kondisi drainase bebas. Volume air yang diberikan disesuaikan untuk mempertahankan kelembaban tanah pada 100%, 75%, atau 50% kapasitas lapang sesuai perlakuan. Monitoring kelembaban tanah dilakukan setiap dua hari menggunakan soil moisture meter.

Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan meliputi penyulaman, penyiangan gulma secara manual, serta pengendalian hama dan penyakit sesuai kebutuhan. Tidak diberikan pupuk tambahan selain perlakuan kascing untuk melihat pengaruh murni bahan organik terhadap tanaman.

Penyulaman

Penyulaman perlu dilakukan yaitu pada tanaman berumur 1 minggu setelah penanaman, tujuan penyulaman yaitu untuk mengganti tanaman kedelai yang mati atau tidak tumbuh.

Penyiangan dan pembumbunan

Penyiangan dilakukan pada saat tanaman berumur 2 MST dan 4 MST. Penyiangan dilakukan dengan cara mencabut langsung gulmanya atau bisa dengan menggunakan cangkul sedangkan pembumbunan dilakukan bersamaan dengan penyiangan gulma agar tanaman tidak rebah dan akar tanaman dapat berkembang dengan baik.

Pengendalian hama dan penyakit

Apabila tingkat serangan hama dan penyakit kedelai terlihat masih rendah maka pengendalian dilakukan secara mekanik yaitu dengan mengambil langsung hama tersebut. Jika tingkat serangan hama dan penyakit sudah tinggi atau melewati ambang batas ekonomi, maka perlu dilakukan penyemprotan dengan Curacron 500 EC untuk pengendalian hama dengan dosis 0,5-1 ml/Liter air, dan Antracol 70 WP untuk pengendalian penyakit dengan dosis 1-1,5 kg/ha.

Penjarangan

Penjarangan dilakukan pada saat tanaman berumur 2 MST. Penjarangan dilakukan jika tanaman tumbuh lebih dari satu tanaman dalam satu lubang tanam. Penjarangan dilakukan dengan cara memotong bagian pangkal tanaman dengan gunting dan menyisakan satu tanaman yang tumbuh dengan baik.

Parameter Pengamatan

Parameter Pertumbuhan

a. Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dimulai saat tanaman berumur 2 MST dan diulangi 1 kali tiap minggunya, dan berakhir sampai tanaman dipanen. Tiang standar ditandai 5 cm diatas permukaan tanah untuk membantu pengukuran. Cara pengukuran dimulai dari tiang standar yang ditandai hingga titik tumbuh lalu ditambah 5 cm.

b. Jumlah Cabang

Pengamatan jumlah cabang dilakukan pada saat menjelang panen dengan cara menghitung seluruh cabang primer yang keluar dari batang utama

c. Jumlah polong per tanaman (polong)

Pengamatan jumlah polong per tanaman dilakukan pada saat panen yaitu dengan cara menghitung jumlah polong per tanaman pada tanaman sampel, baik polong yang bernas maupun yang hampa.

d. Jumlah polong bernas (polong)

Jumlah polong bernas dihitung pada tanaman sampel pada saat panen. Polong bernas adalah polong yang terisi penuh oleh biji kedelai.

e. Persentase polong bernas (%)

Perhitungan persentase polong bernas dilakukan dengan cara menghitung polong bernas menggunakan rumus :

$$\frac{\text{jumlah polong bernas}}{\text{jumlah polong pertanaman}} \times 100\%$$

f. Jumlah biji per polong (biji)

Perhitungan jumlah biji per polong dilakukan dengan cara mengupas polong yang telah dikeringkan pada tanaman sampel, lalu menghitung jumlah biji dalam 1 polong setiap tanaman sampel.

g. Bobot 100 biji (gr)

Penimbangan ini dilakukan terhadap 100 biji kedelai dari setiap tanaman sampel. Penimbangan dilakukan setelah biji dikeringkan dengan cara menjemur biji dibawah sinar matahari selama 2-3 hari.

h. Produksi per petak (kg)

Pengamatan ini dilakukan pada saat panen dengan cara menimbang biji dari seluruh tanaman baik tanaman sampel maupun tanaman bukan sampel pada setiap petakan. Penimbangan dilakukan setelah biji dikeringkan dengan cara menjemur biji di bawah sinar matahari selama 2-3 hari.

i. Produksi per hektar (ton)

Perhitungan produksi dilakukan dengan cara menghitung komponen hasil seluruhnya. Perhitungan dilakukan setelah panen dengan menggunakan rumus :

$$\text{Produksi (ton/ha)} = \frac{\text{luas 1 ha}}{\text{luas 1 petakan}} \times \text{hasil/petakan}$$

j. Parameter Tanah

Kandungan bahan organik tanah (%) sebelum tanam dan setelah panen menggunakan metode Walkley and Black.

Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 5% untuk mengetahui pengaruh utama dan interaksi antar faktor perlakuan. Apabila terdapat pengaruh nyata, dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% untuk membandingkan antar perlakuan. Analisis data dilakukan menggunakan software

statistik (misalnya SPSS versi 25 atau SAS). Model matematis yang digunakan dalam RAK faktorial adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Nilai Pengamatan

μ = Nilai Pengamatan

α_i = pengaruh dosis kascing

β_j = pengaruh cekaman kekeringan

$(\alpha\beta)_{ij}$ = interaksi kedua factor

ρ_k = pengaruh kelompok

ϵ_{ijk} = galat percobaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Tabel 1. menunjukkan bahwa peningkatan dosis kascing secara nyata meningkatkan tinggi tanaman pada seluruh tingkat cekaman.

Tabel 1. Pengaruh Kascing dan Cekaman Kekeringan terhadap Tinggi Tanaman (cm).

Perlakuan	C0 (100%)	C1 (75%)	C2 (50%)	Rata-rata
K0 (0)	62,42	54,32	45,16	53,96
K1 (5)	68,71	60,51	50,62	58,12
K2 (10)	74,22	66,82	55,91	65,65
Rata-rata	68,45	60,55	50,56	

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa peningkatan dosis kascing secara konsisten meningkatkan tinggi tanaman pada seluruh tingkat cekaman kekeringan. Tinggi tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan K2C0 (74,2 cm), sedangkan terendah pada K0C2 (45,1 cm).

Cekaman kekeringan menyebabkan penurunan tinggi tanaman akibat berkurangnya tekanan turgor sel dan terhambatnya pembelahan sel. Namun pemberian kascing mampu meminimalkan dampak tersebut. Hal ini diduga karena peningkatan bahan organik memperbaiki kapasitas retensi air tanah Ultisol sehingga tanaman tetap memperoleh suplai air yang cukup untuk pertumbuhan vegetatif.

Jumlah Cabang

Tabel 2. menunjukkan bahwa peningkatan dosis kascing secara nyata meningkatkan jumlah cabang pada seluruh tingkat cekaman.

Tabel 2. Jumlah Cabang (cabang).

Perlakuan	C0 (100%)	C1(75%)	C2(50%)	Rata-rata
K0 (0)	4,21	3,61	2,81	3,54
K1 (5)	5,12	4,42	3,51	4,35
K2 (10)	6,00	5,22	4,11	5,11
Rata-rata				

Jumlah cabang menunjukkan pola yang serupa dengan tinggi tanaman. Semakin tinggi dosis kascing, semakin banyak cabang yang terbentuk. Pada cekaman berat (50%), jumlah cabang menurun tajam pada perlakuan tanpa kascing.

Cabang merupakan komponen penting karena berkaitan langsung dengan jumlah titik pembentukan bunga dan polong. Peningkatan jumlah cabang pada perlakuan kascing menunjukkan bahwa perbaikan kondisi tanah berpengaruh positif terhadap perkembangan vegetatif tanaman.

Jumlah Polong per Tanaman

Tabel 3. menunjukkan bahwa peningkatan dosis kascing secara nyata meningkatkan jumlah polong per tanaman pada seluruh tingkat cekaman.

Tabel 3. Jumlah Polong per Tanaman (polong).

Perlakuan	C0 (100%)	C1(75%)	C2(50%)	Rata-rata
K0 (0)	45,21	38,22	29,21	37,54
K1 (5)	52,20	44,21	35,41	43,94
K2 (10)	58,00	49,24	40,73	49,32
Rata-rata	51,80	43,89	35,11	

Cekaman kekeringan menyebabkan penurunan jumlah polong hingga sekitar 35% pada perlakuan kontrol. Namun pemberian kascing 10 ton ha⁻¹ mampu meningkatkan jumlah polong secara signifikan pada semua tingkat cekaman.

Hal ini menunjukkan bahwa kascing mendukung proses pembungaan dan pembentukan polong melalui peningkatan ketersediaan unsur hara serta stabilitas kelembaban tanah. Selain itu juga pupuk kascing dapat memperbaiki struktur dan tekstur tanah sehingga dapat meningkatkan kemampuan menyimpan air.

Jumlah polong bernas (polong)

Tabel 4. menunjukkan bahwa peningkatan dosis kascing secara nyata meningkatkan jumlah polong bernas pada seluruh tingkat cekaman.

Tabel 4. Jumlah polong bernas (polong).

Dosis Kascing (ton/ha)	C0(100%)	C1(75%)	C2(50%)	Rata-rata
K0 (0)	28,41 C	23, 36 C	21,58 C	24,45
K1 (5)	53,13 B	46, 58 B	42,66 B	47,45
K2 (10)	88,83 A	69,25 A	58,21 A	72,09
Rata-rata	56,79	46,39	40,81	

Cekaman kekeringan dengan dosis pupuk Kascing tidak memberikan interaksi yang nyata terhadap jumlah polong bernas. Tetapi tiap tiap perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah polong bernas. Pemberian kascing 10 ton/ha dapat memberikan jumlah polong bernas yang banyak dibandingkan tanpa pupuk kascing dan pupuk kascing 5 ton/ha, pemberian 10 ton/ha lebih banyak pada jumlah polong bernas dikarenakan pemberian pupuk kascing 10 ton/ha dapat menyediakan unsur hara bagi tanaman sehingga ketersediaan unsur hara dapat meningkatkan jumlah polong bernas, terutama unsur hara P berfungsi untuk

merangsang pembungaan, mempercepat pematangan buah dan membentuk biji. Sesuai dengan pendapat Hidayati (2019) menyatakan bahwa unsur hara P berperan dalam merangsang pembentukan bunga, buah dan biji serta mampu mempercepat pemasakan buah.

Cekaman kekeringan 50 %, 75%, memberikan pengaruh yang tidak nyata sedangkan tanpa cekaman kekeringan 100 % dapat meningkatkan jumlah polong bernas. Hal ini dikarenakan tanpa cekaman dapat meningkatkan laju fotosintesis pada tanaman karena tersedianya air sehingga apabila laju fotosintesis meningkat akan berpengaruh nyata pada komponen hasil tanaman termasuk jumlah polong bernas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai respons pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max* L.) terhadap aplikasi kascing pada kondisi cekaman kekeringan di tanah Ultisol, dapat disimpulkan bahwa: Aplikasi kascing memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Peningkatan dosis kascing mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah polong, jumlah polong bernas, serta komponen hasil lainnya dibandingkan tanpa pemberian kascing. Cekaman kekeringan menyebabkan penurunan pertumbuhan dan produktivitas kedelai. Semakin tinggi tingkat cekaman kekeringan, semakin rendah pertumbuhan vegetatif dan hasil tanaman akibat berkurangnya ketersediaan air bagi proses fisiologis tanaman. Pemberian kascing mampu mengurangi dampak negatif cekaman kekeringan melalui perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah Ultisol, terutama dalam meningkatkan kandungan bahan organik dan kapasitas tanah menahan air sehingga tanaman tetap mampu tumbuh dengan baik pada kondisi kekurangan air. Dosis kascing 10 ton ha⁻¹ memberikan respons terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada seluruh tingkat cekaman kekeringan. Perlakuan tersebut menghasilkan tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah polong, dan jumlah polong bernas yang lebih tinggi dibandingkan dosis lainnya, sehingga direkomendasikan sebagai dosis optimum untuk budidaya kedelai pada tanah Ultisol yang mengalami cekaman kekeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arancon, N. Q., & Edwards, C. A. (2022). *Vermicomposts and their role in sustainable agriculture*. CRC Press.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik Indonesia 2023*. Badan Pusat Statistik.
- Farooq, M., Hussain, M., Ul-Allah, S., & Siddique, K. H. M. (2021). Physiological and agronomic approaches for improving water-use efficiency in crop plants under drought conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 168, 214–228.

- Gupta, S., Kumar, A., & Singh, R. (2023). Vermicompost improves soil moisture retention and crop productivity under drought conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(2), 1480–1494.
- Hidayati, N. (2019). Peranan unsur fosfor terhadap pembentukan bunga, buah, dan biji tanaman. *Jurnal Agroteknologi Indonesia*, 4(2), 45–53.
- Kumar, R., Singh, V., & Sharma, P. (2022). Organic amendments improve water use efficiency of legumes under drought stress. *Agronomy*, 12(5), 1186.
- Lal, R. (2020). Soil organic matter content and crop yield. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(2), 27A–32A.
- Prasetyo, B. H., & Suriadikarta, D. A. (2020). Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah Ultisol untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 39(1), 1–12.
- Sinha, R. K., Herat, S., Bharambe, G., & Brahmabhatt, A. (2021). Vermiculture and sustainable agriculture. *International Journal of Agricultural Research*, 16(3), 125–139.
- Zhang, J., Li, X., Wang, Y., & Chen, F. (2020). Drought stress affects soybean growth and yield through changes in photosynthesis and reproductive development. *Agricultural Water Management*, 239, 106256.