

META-ANALISIS PENGARUH PUPUK ORGANIK TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN

Mugiono Rizkiyanto^{1)*}, Nisa Nurjanah²⁾, Zaenal Abidin³⁾

¹⁾Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Kuningan, email: 20240210005@uniku.ac.id

²⁾Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Kuningan, email: 20240210017@uniku.ac.id

³⁾Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Kuningan, email: zaenal.abidin@uniku.ac.id

*Penulis Korespondensi: E-mail: 20240210005@uniku.ac.id

ABSTRAK

Pupuk organik memegang peran yang krusial dalam sistem pertanian yang berkelanjutan karena kontribusi dalam memperbaiki kesuburan tanah serta memacu perkembangan tanaman. Berbagai kajian eksperimental telah dilaksanakan untuk mengevaluasi dampak dari pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman, akan tetapi laporan yang dihasilkan menunjukkan keberagaman hasil di antara penelitian-penelitian tersebut. Kajian ini bertujuan untuk mengkaji secara menyeluruh pengaruh pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman dengan memanfaatkan metode meta-analisis. Data dikumpulkan dari publikasi hasil penelitian eksperimen yang terbit pada kurun waktu 2021-2025 melalui basis data Google Scholar, Garuda, dan portal jurnal perguruan tinggi. Dari 195 publikasi yang tercatat, sebanyak 16 artikel memenuhi persyaratan inklusi dan dianalisis lebih lanjut. Parameter pertumbuhan tanaman yang diteliti mencakup tinggi batang tanaman, jumlah helai daun, dan total biomassa. Temuan meta-analisis mengindikasikan bahwa aplikasi pupuk organik secara keseluruhan menghasilkan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman jika dibandingkan kelompok kontrol, yang tercermin dari peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa. Keragaman pengaruh antara penelitian dipengaruhi oleh variasi jenis pupuk organik, takaran aplikasi dan spesies tanaman. Hasil kajian ini memberikan kontribusi ilmiah dalam memperkuat bukti empiris tentang fungsi pupuk organik sekaligus mendukung pengembangan praktik pertanian yang berkelanjutan

Kata Kunci: *Meta-Analisis, Pupuk Organik, Pertumbuhan Tanaman, Biologi*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan tanaman menjadi parameter kunci keberhasilan dalam aktivitas budidaya pertanian, karena memiliki korelasi langsung dengan produktivitas dan mutu

hasil panen. Proses perkembangan tanaman dipengaruhi oleh beragam faktor, baik yang bersifat internal seperti keragaman genetik tanaman maupun yang bersifat eksternal seperti ketersediaan air, intensitas cahaya, dan kandungan unsur hara dalam media tanam. Unsur hara berperan vital dalam menunjang

berbagai proses fisiologis tanaman. Di antaranya pembelahan dan perpanjangan sel, fotosintesis, respirasi serta akumulasi biomassa. Kekurangan unsur hara dapat mengakibatkan pertumbuhan tanaman terhenti, penurunan hasil panen, dan deradasi kualitas produk pertanian (Hartatik et al., 2021).

Dalam aktivitas pertanian, pupuk dimanfaatkan sebagai sumber unsur hara untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Selama beberapa dekade terakhir, pupuk organik banyak digunakan karena mampu memberikan respons pertumbuhan tanaman yang instan. Namun demikian, pemanfaatan pupuk anorganik secara intensif dan berlebihan dapat menimbulkan berbagai permasalahan, seperti penurunan kualitas tanah, reduksi kandungan bahan organik, kerusakan lingkungan, serta gangguan keseimbangan mikroba tanah. Situasi ini mendorong perkembangan konsep pertanian berkelanjutan yang mengedepankan penggunaan input ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan pupuk organik.

Pupuk organik merupakan jenis pupuk yang dihasilkan dari bahan-bahan alami, seperti residu tanaman, feses hewan, dan limbah organik lainnya yang telah melalui proses penguraian. Jenis pupuk ini mengandung unsur hara mikro dan makro, serta material organik yang berfungsi signifikan dalam memperbaiki karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah. Aplikasi pupuk organik terbukti mampu meningkatkan struktur tanah, daya simpan air, serta aktivitas mikroba tanah yang berperan dalam siklus hara (Nuraini & Hardiyanto, 2022). Dengan demikian, pupuk organik tidak sekedar sebagai penyedia hara, tetapi juga sebagai kondisioner tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan.

Berbagai kajian eksperimental telah dilaksanakan untuk mengevaluasi dampak

dari pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman pada berbagai komoditas pertanian, baik tanaman pangan, hortikultura, maupun perkebunan. Parameter pertumbuhan yang sering diukur dalam kajian-kajian tersebut meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, serta biomassa tanaman. Mayoritas penelitian melaporkan bahwa aplikasi pupuk organik dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk organik (Agustina et al., 2021; Damayaanti et al., 2022). Peningkatan pertumbuhan ini dikaitkan dengan perbaikan ketersediaan unsur hara dan kondisi tanah yang lebih kondusif bagi perkembangan sistem perakaran tanaman.

Meskipun demikian, temuan penelitian mengenai dampak pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman menunjukkan keragaman yang cukup signifikan antar penelitian. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain variasi jenis pupuk organik yang digunakan, takaran aplikasi, metode pemberian, jenis tanaman, serta kondisi lingkungan tempat kajian dilakukan. Setiap jenis pupuk organik memiliki komposisi unsur hara dan tingkat ketersediaan hara yang berbeda-beda, sehingga respons tanaman terhadap pupuk organik juga bervariasi. Selain itu, karakteristik tanaman yang berbeda-beda menyebabkan kebutuhan unsur hara dan respons fisiologis tanaman terhadap pupuk organik tidak selalu identik (Kumar et al., 2022).

Keragaman hasil penelitian ini menyulitkan penarikan kesimpulan umum mengenai efektivitas pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman apabila hanya berdasarkan satu atau dua kajian. Oleh karena itu diperlukan suatu pendekatan yang mampu mengintegrasikan dan mensintesis hasil-hasil penelitian terdahulu secara sistematis sehingga dapat memberikan gambaran yang

lebih komperhensif dan kuat secara ilmiah. Salah satu pendekatan yang dapat dimanfaatkan adalah meta-analisis.

Meta-analisis merupakan metode riset yang menggabungkan dan menganalisis secara sistematis temuan-temuan penelitian sebelumnya yang relevan untuk memperoleh kesimpulan yang lebih menyeluruh. Melalui meta-analisis, pola umum pengaruh suatu perlakuan dapat diidentifikasi, serta faktor-faktor yang menyebabkan variasi hasil antar penelitian dapat dievaluasi (Dutta & Karmakar, 2023). Pendekatan ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang ilmu, termasuk ilmu pertanian, untuk memperkokoh dasar ilmiah suatu praktik atau teknologi yang telah banyak diteliti secara terpisah.

Dalam konteks pemanfaatan pupuk organik, meta-analisis menjadi penting untuk merangkum bukti empiris mengenai dampak pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman. Dengan mengintegrasikan hasil-hasil penelitian eksperimen dari berbagai komoditas dan kondisi lingkungan, meta-analisis dapat memberikan gambaran umum mengenai sejauh mana pupuk organik berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman, serta faktor-faktor yang memengaruhi besarnya pengaruh tersebut. Hasil meta-analisis diharapkan dapat menjadi landasan ilmiah yang kuat dalam pengembangan dan penerapan pupuk organik sebagai bagian dari sistem pertanian yang berkelanjutan.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk melakukan meta-analisis terhadap dampak pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman berdasarkan hasil penelitian eksperimen yang dipublikasikan pada periode 2021-2025. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memperkokoh bukti empiris mengenai efektivitas pupuk organik serta

menjadi rujukan bagi pengembangan praktik pemupukan yang ramah lingkungan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Kajian ini memanfaatkan pendekatan meta-analisis untuk mengintegrasikan dan mensintesis temuan-temuan penelitian eksperimen yang mengevaluasi dampak dari pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Maret 2025 melalui kajian pustaka dan analisis data sekunder yang dilakukan di Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Kuningan. Meta-analisis dilakukan dengan mengacu pada panduan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) guna memastikan proses seleksi dan analisis artikel dilakukan secara sistematis dan transparan.

Data penelitian dikumpulkan dari beberapa basis data ilmiah, yaitu Google Scholar, Garuda (Gerba Rujukan Digital), serta portal jurnal perguruan tinggi. Pencarian artikel dilakukan menggunakan kata kunci dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris, antara lain pupuk organik, organik fertiliser, pertumbuhan tanaman, dan plant growth. Pencarian awal dilakukan tanpa pembatasan tahun publikasi untuk memperoleh cakupan artikel yang luas.

Hasil pencarian awal diperoleh sebanyak 195 artikel. Selanjutnya dilakukan seleksi berdasarkan tahun publikasi, yaitu artikel yang diterbitkan pada periode 2021-2025, sehingga diperoleh 83 artikel. Artikel duplikat kemudian dihapus dan tersisa 65 artikel. Tahap berikutnya adalah penyaringan berdasarkan judul dan abstrak untuk menilai kesesuaian topik dan jenis penelitian, sehingga diperoleh 30 artikel yang relevan.

Selanjutnya dilakukan telaah teks lengkap untuk menilai kelayakan artikel berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Pada tahap ini, sebanyak 14 artikel dikeluarkan karena tidak menyajikan data kuantitatif yang memadai atau tidak sesuai dengan tujuan penelitian. Dengan demikian, sebanyak 16 artikel memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis dalam penelitian ini.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi: (1) artikel penelitian eksperimen yang mengevaluasi dampak pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman; (2) artikel diterbitkan pada periode 2021-2025; dan (3) artikel menyajikan data kuantitatif terkait parameter pertumbuhan tanaman, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, atau biomassa tanaman. Artikel berupa ulasan pustaka, meta-analisis sebelumnya, penelitian non-eksperimen, serta artikel yang tidak menyediakan data numerik atau teks lengkap dikecualikan dari analisis.

Data dari artikel yang memenuhi kriteria inklusi diekstraksi secara sistematis, meliputi nama penulis, dan tahun publikasi, jenis tanaman, jenis dan bentuk pupuk organik, parameter pertumbuhan tanaman yang diukur, serta nilai rata-rata hasil pertumbuhan tanaman pada perlakuan pupuk organik dan kontrol. Data hasil ekstraksi kemudian disusun dalam bentuk tabel untuk memudahkan analisis dan interpretasi.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dan kuantitatif sederhana. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik penelitian yang dianalisis, sedangkan analisis kuantitatif sederhana dilakukan dengan membandingkan hasil pertumbuhan tanaman antara perlakuan pupuk organik dan kontrol berdasarkan nilai rata-rata yang dilaporkan pada masing-masing penelitian. Hasil analisis digunakan untuk mengidentifikasi pola umum dampak pupuk organik terhadap pertumbuhan

tanaman serta variasi pengaruh antar penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses seleksi artikel yang telah dilakukan, sebanyak 16 artikel penelitian eksperimen yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis dalam meta-analisis ini. Artikel-artikel tersebut dipublikasikan pada rentang tahun 2021-2025 dan berasal dari berbagai jurnal nasional maupun internasional. Penelitian yang dianalisis mencakup berbagai jenis tanaman, antara lain tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan, dengan variasi jenis pupuk organik yang digunakan, seperti pupuk cair, pupuk kandang, kompos, serta pupuk organik berbahan limbah organik. Parameter pertumbuhan tanaman yang diukur dalam penelitian-penelitian tersebut meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa tanaman. Karakteristik studi yang dianalisis dalam meta-analisis ini dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Studi yang Dianalisis dalam Meta-Analisis

Karakteristik	Keterangan
Jumlah Studi	16 Artikel
Tahun Publikasi	2021-2025
Jenis Tanaman	Pangan, hortikultura, perkebunan
Bentuk pupuk organik	Cairan dan Padat
Variabel pertumbuhan	Tinggi tanaman, jumlah daun, biomassa
Arah Pengaruh	Positif

Sumber: Hasil meta-analisis (2025)

Hasil sintesis data menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik secara umum memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa pupuk organik. Ringkasan karakteristik studi yang dianalisis

disajikan pada Tabel 2. Seluruh artikel yang dianalisis melaporkan adanya peningkatan pada satu atau lebih parameter pertumbuhan tanaman akibat aplikasi pupuk organik. Temuan ini mengidentifikasi adanya pola umum bahwa pupuk organik berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman pada berbagai komoditas pertanian.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Meta-Analisis Pengaruh Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan Tanaman

Variabel Pertumbuhan	Jumlah Studi (n)	Arah Pengaruh	Ringkasan Temuan
Tinggi tanaman	8	Positif	Tinggi tanaman meningkat dibandingkan kontrol
Jumlah daun	4	Positif	Jumlah daun lebih banyak pada perlakuan pupuk organik
Biomassa tanaman	4	Positif	Biomassa tanaman lebih tinggi dibandingkan kontrol
Total	16	Positif	Pupuk organik berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman

Sumber: Hasil meta-analisis (2025)

Peningkatan Tinggi tanaman menjadi parameter pertumbuhan yang paling sering dilaporkan, yaitu pada delapan dari enam belas artikel yang dianalisis. Tanaman yang diberi pupuk organik menunjukkan tinggi tanaman yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman kontrol. Hal ini mengidentifikasi bahwa unsur hara makro, terutama nitrogen, fosfor, dan kalium yang terkandung dalam pupuk organik, berperan dalam menunjang proses

pembelahan dan perpanjangan sel tanaman. Selain itu, perbaikan tanah akibat pemberian material organik juga mendukung perkembangan sistem perakaran, sehingga penyerapan unsur hara menjadi lebih optimal. Kondisi ini pada akhirnya mendorong pertumbuhan vegetatif tanaman secara lebih baik.

Selain tinggi tanaman, peningkatan jumlah daun juga banyak dilaporkan dalam penelitian-penelitian yang dianalisis. Empat artikel melaporkan adanya peningkatan jumlah daun menunjukkan bahwa pupuk organik mampu mendukung pembentukan organ fotosintesis tanaman. Daun berfungsi sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis, sehingga peningkatan jumlah daun berkorelasi dengan meningkatnya kemampuan tanaman dalam menghasilkan asimilat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan pembentukan biomassa. Temuan ini sejalan dengan peran pupuk organik dalam unsur hara bagi tanaman.

Parameter biomassa tanaman, baik dalam bentuk berat segar maupun berat kering, juga menunjukkan respon positif terhadap pemberian pupuk organik. Empat artikel yang dianalisis melaporkan biomassa tanaman yang lebih tinggi pada perlakuan pupuk organik dibandingkan kontrol. Peningkatan biomassa mencerminkan akumulasi hasil fotosintesis dan efisiensi pemanfaatan unsur hara oleh tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk organik tidak hanya berpengaruh pada pertumbuhan morfologis, tetapi juga pada proses fisiologis tanaman secara keseluruhan.

Meskipun secara umum menunjukkan dampak positif, hasil meta-analisis ini juga memperlihatkan adanya variasi besarnya pengaruh antar penelitian. Variasi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis pupuk organik yang digunakan, takaran aplikasi, jenis tanaman, serta kondisi

lingkungan penelitian. Pupuk organik cair cenderung memberikan respons pertumbuhan yang lebih cepat karena unsur haranya lebih mudah tersedia bagi tanaman, sedangkan pupuk organik padat seperti kompos dan pupuk kandang memberikan efek yang lebih lambat tetapi berkelanjutan. Selain itu, takaran aplikasi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman.

Pebedaan respons pertumbuhan juga dipengaruhi oleh karakteristik tanaman dan kondisi lingkungan tumbuh. Setiap jenis tanaman memiliki kebutuhan unsur hara dan respons fisiologis yang berbeda terhadap pemberian pupuk organik. Kondisi tanah, ketersediaan air, dan iklim turut memengaruhi proses penguraian bahan organik, tanaman, dan lingkungan inilah yang menyebabkan relative serupa.

Hasil meta-analisis ini memperkuat temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pupuk organik berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah dan menunjang pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan. Pupuk organik tidak hanya berfungsi sebagai sumber unsur hara, tetapi juga sebagai kondisioner tanah yang memperbaiki karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah. Dengan demikian pemanfaatan pupuk organik memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas tanaman sekaligus menjaga keberlanjutan system pertanian.

Secara keseluruhan, hasil pembahasan ini menunjukkan bahwa pupuk organik memberikan kontribusi positif terhadap pertumbuhan tanaman pada berbagai komoditas pertanian. Meskipun terdapat variasi hasil antar penelitian, kecenderungan peningkatan pertumbuhan tanaman pada perlakuan pupuk organik menegaskan pentingnya pemanfaatan pupuk organik

sebagai dari strategi pertanian berkelanjutan. Temuan ini juga membuka peluang bagi penelitian selanjutnya untuk mengevaluasi dampak pupuk organik dengan pendekatan kuantitatif yang lebih mendalam, seperti perhitungan effect size, guna memperoleh estimasi pengaruh yang lebih presisi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil meta-analisis terhadap 16 artikel penelitian eksperimen yang dipublikasikan pada periode 2021-2025, dapat disimpulkan bahwa pupuk organik secara umum memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman. Pemberian pupuk organik terbukti mampu meningkatkan berbagai indikator pertumbuhan tanaman, terutama tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa, dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk organik. Temuan ini menunjukkan bahwa menunjang pertumbuhan vegetatif bahwa pupuk organik berperan penting dalam menunjukkan bahwa pupuk organik berperan penting dalam menunjang pertumbuhan vegetatif tanaman melalui penyediaan unsur hara serta perbaikan kondisi tanah.

Besarnya dampak pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman menunjukkan variasi antar penelitian, yang dipengaruhi oleh jenis pupuk organik, takaran aplikasi, jenis tanaman, serta kondisi lingkungan tumbuh. Pupuk organik cair cenderung memberikan respons pertumbuhan yang lebih cepat, sedangkan pupuk organik padat memberikan efek yang lebih bertahap namun berkelanjutan. Oleh karena itu, efektivitas pupuk organik perlu disesuaikan dengan kebutuhan spesifik tanaman dan karakteristik lingkungan agar diperoleh hasil pertumbuhan yang optimal.

Secara ilmiah, hasil penelitian ini memperkuat bukti empiris mengenai peran pupuk organik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman yang mendukung

penerapan sistem pertanian berkelanjutan. Meta-analisis ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan dalam pengembangan praktik pemupukan ramah lingkungan serta menjadi rujukan bagi penelitian selanjutnya dengan pendekatan analisis yang lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, R., Suryanto, A., & Heddy, Y. B. S. (2021). Pengaruh pemberian pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 9(2), 123–130.
- Andriani, D., Wahyudi, A., & Lestari, S. (2022). Respon pertumbuhan tanaman cabai merah terhadap aplikasi pupuk organik cair. *Jurnal Agroekoteknologi*, 10(1), 45–52.
- Arifin, M., & Nurhidayati. (2023). Aplikasi pupuk organik berbasis limbah pertanian terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 10(2), 345–353.
- Basir, M., Rahman, A., & Putra, A. (2021). Pengaruh pupuk organik padat terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 49(3), 289–296.
- Chivenge, P., Vanlauwe, B., & Six, J. (2021). Does the combined application of organic and mineral nutrient sources influence crop productivity? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 308, 107249. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107249>
- Damayanti, F., Yuliani, & Santoso, M. (2022). Pengaruh pupuk organik cair terhadap pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Jurnal Agroteknologi*, 16(1), 56–63.
- Dutta, S., & Karmakar, S. (2023). Organic fertilizer application and its effect on plant growth and soil health: Recent advances. *Journal of Plant Nutrition*, 46(5), 891–905. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2109874>
- Hartatik, W., Husnain, & Widowati, L. R. (2021). Peranan pupuk organik dalam meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 15(1), 11–22.
- Kumar, A., Singh, R., & Meena, V. S. (2022). Effect of organic fertilizers on crop growth and yield: A meta-analytical review. *Sustainable Agriculture Reviews*, 54, 77–96. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87407-6_4
- Lestari, D., & Hidayat, N. (2021). Pengaruh dosis pupuk organik terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agroindustri*, 8(2), 98–105.
- Mishra, B., Sharma, A., & Singh, P. (2023). Organic nutrient management and its role in sustainable crop production. *Journal of Cleaner Production*, 382, 135274. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135274>
- Nuraini, Y., & Handayanto, E. (2022). Pupuk organik dan pengaruhnya terhadap sifat biologi tanah serta pertumbuhan tanaman. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, 24(1), 1–10.
- Prasetyo, B. H., & Suriadikarta, D. A. (2021). Karakteristik pupuk organik dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian*, 40(2), 85–94.

- Putri, R. A., Widodo, W., & Laily, N. (2023). Pengaruh pupuk organik cair berbahan limbah rumah tangga terhadap pertumbuhan tanaman kangkung. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 67–74.
- Raza, S., Zhou, J., & Hussain, S. (2021). Organic fertilizer induced changes in plant growth and soil microbial activity. *Applied Soil Ecology*, 165, 103967.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103967>
- Sari, P. M., & Nugroho, A. (2022). Respon pertumbuhan tanaman selada terhadap aplikasi pupuk organik padat. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 13(3), 201–208.
- Zhang, X., Davidson, E. A., Mauzerall, D. L., Searchinger, T. D., Dumas, P., & Shen, Y. (2021). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*, 528(7580), 51–59.
<https://doi.org/10.1038/nature15743>