

**PENGARUH APLIKASI NANO KOMPOS, NANO PARTIKEL ZnO dan
SiO₂ PADA PERTUMBUHAN BIBIT (*Main Nursery*) TANAMAN SAWIT
(*Elaeis guineensis jacq*)**

SKRIPSI

Oleh :

ANNISA AZZARAH EKI CITRA PRATIWI

NIM. 221.01.03.1042



PROG STUDI AGROTEKNOLOGI

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2025

**PENGARUH APLIKASI NANO KOMPOS, NANO PARTIKEL ZnO dan
SiO₂ PADA PERTUMBUHAN BIBIT (*Main Nursery*) TANAMAN SAWIT
(*Elaeis guineensis jacq*)**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S1)

Oleh :

ANNISA AZZARAH EKI CITRA PRATIWI

NIM. 221.01.03.1042



PROG STUDI AGROTEKNOLOGI

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2025

RINGKASAN

Pengaruh Aplikasi Nano Kompos, Nano Partikel ZnO dan SiO₂ Pada
Pertumbuhan Bibit (*Main Nursery*) Tanaman Sawit (*Elaeis guineensis jacq*)

Di bawah bimbingan : 1. Prof. Dr. Ir. Nurhidayati, MP.
2. Prof. Dr. Ir. Anis Sholihah, MP.

Kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan penghasil minyak nabati terbesar di Indonesia, dengan luas areal 15,93 juta hektar dan produksi CPO mencapai 47,08 juta ton pada tahun 2023. Meskipun ekspor minyak sawit mengalami penurunan dari tahun 2019 hingga 2022, volume ekspor kembali meningkat pada tahun 2023 setelah penurunan terbesar terjadi pada tahun 2020, di mana ekspor mencapai 27,63 juta ton, turun 8,55 persen dibandingkan tahun 2019.

Pengembangan perkebunan kelapa sawit memerlukan ketersediaan bibit berkualitas dan media tanam yang mendukung pertumbuhan. Pada tahap pembibitan utama, pemupukan menjadi sangat penting, karena kelapa sawit membutuhkan unsur hara makro dan mikro untuk tumbuh dengan optimal. Pupuk nano yang terdiri dari nanokompos dan nanopartikel seperti ZnO dan SiO₂, dapat meningkatkan penyerapan nutrisi dan mendukung pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan pengaruh pemberian nanokompos dan nanopartikel terhadap pertumbuhan kelapa sawit pada tahap awal pembibitan.

Penelitian ini dilaksanakan di greenhouse di Dusun Tebelo, Desa Sidomulyo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang, pada ketinggian 540 mdpl, mulai bulan Juli 2024-Januari 2025. Analisis hasil tanaman sawit dilakukan di Lab Terpadu Fakultas Pertanian (Unisma). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) sederhana yang terdiri dari 6 perlakuan dengan 3 kali ulangan, di mana setiap ulangan memiliki 3 sampel tanaman dan jumlah keseluruhan sampel tanaman adalah 54. Sampel perlakuan diacak menggunakan undian dalam setiap kelompok. Penelitian ini menggunakan perlakuan nano kompos dan nano partikel ZnO dan SiO₂ sebagai berikut: P0 (Kontrol), P1 (100% NPK (2,5 g/pot)), P2 (Nanokompos 1.000 ppm + 50% NPK), P3 (Nanokompos 500 ppm + ZnO 100 ppm + SiO₂ 50 ppm + 50% NPK), P4 (Nanokompos 1.000 ppm + ZnO 200 ppm + SiO₂ 100 ppm + 50% NPK), P5 (Nanokompos 1.500 ppm + ZnO 300 ppm + SiO₂ 150 ppm + 50% NPK). Parameter yang di amati yaitu: tinggi tanaman (cm), jumlah pelepah daun (helaian), luas pelepah daun (cm²), diameter batang, volume akar (cm³), panjang akar primer (cm), bobot segar total tanaman dan bobot kering total tanaman, bobot segar akar dan bobot kering akar, kandungan klorofil (spad). Untuk mengetahui pengaruh perlakuan dilakukan uji analisis ragam dan uji BNJ 5% (ANOVA).

Hasil penelitian menunjukkan aplikasi nano kompos dan nano partikel ZnO dan SiO₂ berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan sawit pada tahap pembibitan utama (main nursery) dimana perlakuan terbaik adalah dan P4 (Nanokompos 1.000 ppm + ZnO 200 ppm + SiO₂ 100 ppm + 50% NPK).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sawit merupakan salah satu tanaman perkebunan penghasil minyak nabati terbesar di Indonesia. Selain itu sawit menjadi sumber devisa negara yang tidak bergantung pada migas. Karena peran minyak kelapa sawit dalam perdagangan minyak nabati global, mendorong pemerintah Indonesia untuk memperluas area perkebunan kelapa sawit (Aqilla, 2024). Luas areal perkebunan kelapa sawit pada tahun 2023 diperkirakan sebesar 15,93 juta hektar. Produksi CPO (*Crude Palm Oil*) kembali mengalami peningkatan menjadi 47,08 juta ton pada tahun 2023. ekspor minyak sawit selama tahun 2019 sampai tahun 2022 cenderung mengalami penurunan. Namun, pada tahun 2023 volume ekspor minyak sawit mengalami peningkatan. Penurunan ekspor minyak sawit terbesar terjadi pada tahun 2020 dengan volume ekspor sebesar 27,63 juta ton atau menurun 8,55 persen dibanding tahun 2019 (Badan Pusat Statistik, 2023).

Pengembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia, memerlukan ketersediaan bibit dalam jumlah banyak dan berkualitas. Untuk mendukung pertumbuhan bibit yang baik memerlukan penyediaan media tanam yang baik. Media tanam harus memenuhi kebutuhan tanaman seperti air, zat hara, dan aerasi tanah yang baik dalam mendukung proses kelancaran respirasi akar di dalam tanah (Aqilla, 2024). Kunci utama keberhasilan tingkat produksi kelapa sawit yaitu pada tahap pembibitan terutama terkait penggunaan bibit yang berkualitas dan pemeliharaan bibit. Pembibitan kelapa sawit yang sesuai standar akan memudahkan dan meningkatkan hasil secara maksimal.

Pada tahap pembibitan utama (main nursery) pemupukan merupakan faktor yang sangat penting untuk mendapatkan bibit yang berkualitas (Sapseli *et al.*, 2022). Pemupukan dapat dilakukan dengan pemberian pupuk organik dan pupuk anorganik (Pramuji, 2023).

Kelapa sawit membutuhkan unsur hara makro dan mikro untuk menunjang pertumbuhannya. Makronutrien adalah unsur yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar (0,1-5%), antara lain C, H, O, N, P, K, Ca, S dan Mg. Makronutrien ini harus dilengkapi secara memadai karena kekurangannya dapat menghambat atau bahkan membunuh tanaman. Unsur hara mikro merupakan unsur yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang lebih sedikit, yaitu kurang dari 0,025%. Unsur jejak meliputi Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B dan Cl (Sari, 2013). Selain pupuk anorganik, pembibitan sawit membutuhkan pupuk organik. Kompos berfungsi sebagai bioreaktor tanah yang dapat membantu pertumbuhan akar dalam tanah dan menjaga kelembapan tanah. Selain itu, pupuk kompos memberi mikroorganisme lebih banyak bahan makanan dan meningkatkan daya cengkram tanah terhadap unsur hara yang menguntungkan tanaman sebagai hasil dari pemberian pupuk kompos (Pranata, 2010).

Pupuk nano merupakan hasil terobosan baru dalam dunia pertanian yang memiliki karakteristik khusus membantu penyerapan nutrisi yang lebih baik, pengiriman yang lebih tepat, dan ketersediaan yang lebih baik. Karakteristik-karakteristik ini mungkin mengubah metode pemupukan yang lebih umum (Sethi *et al.*, 2025). Material nano telah ditemukan memiliki beberapa kelebihan seperti sangat efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui perkecambahan yang lebih baik dan cepat, serta dapat meningkatkan kemampuan pengikatan

nitrogen di dalam tanah (Nurhidayati *et al.* 2023). Kombinasi penggunaan pupuk nanopartikel dan nano kompos diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Menurut Aqilla (2024), interaksi antara jenis pupuk organik dan tanah regosol mempengaruhi volume dan berat segar akar bibit kelapa sawit di pra pembibitan. Selain itu, pupuk organik juga mempengaruhi berat segar dan kering tajuk, panjang akar, serta pH tanah, sementara berbagai jenis tanah mempengaruhi tinggi tanaman, luas daun, dan parameter lainnya. Sementara itu, Sapseli dkk. (2022) menyatakan bahwa penggunaan pupuk organik cair dan dosis NPK tertentu menghasilkan pertumbuhan terbaik pada bibit kelapa sawit, termasuk tinggi, diameter, jumlah pelepah, berat brangkasan basah, dan panjang akar, penyediaan kebutuhan pupuk terpenuhi dengan baik. Hal ini penting mengingat kebutuhan pupuk untuk tanaman kelapa sawit berbeda-beda berdasarkan umurnya dan terdiri dari unsur hara makroessensial (N, P, K, dan Ca), yang harus tercukupi secara optimal (Darwis & Wachjar, 2014; Ramadhaini dan Wachjar).

Berdasarkan studi Awalla (2023), berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan nano kompos dan nano partikel dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi. Namun, penelitian aplikasi nanokompos dan nanopartikel pada tanaman kelapa sawit masih jarang ditemukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan pengaruh pemberian nano kompos dan nano partikel terhadap pertumbuhan kelapa sawit pada tahap awal pembibitan (main nursery).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dikaji sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh aplikasi dosis aplikasi nano partikel dan nano kompos terhadap pertumbuhan sawit pada tahap awal pembibitan utama (main nersery)?
2. Bagaimana korelasi antara parameter pertumbuhan sebagai dampak aplikasi nano kompos dan nano partikel ?

1.3 Tujuan Penelitian

Atas dasar rumusan masalah, maka disusun tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh aplikasi nano partikel dan nano kompos terhadap pertumbuhan sawit pada tahap pembibitan utama (main nersery).
2. Untuk menganalisis korelasi antara parameter pertumbuhan tanaman sawit yang dipengaruhi oleh aplikasi nano kompos dan nano partikel

1.4 Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan yang telah disusun maka hipotesis yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Diduga terdapat pengaruh yang signifikan aplikasi pupuk nano kompos dan nano partikel terhadap pertumbuhan dan hasil bibit tanam sawit.
2. Diduga setiap parameter pertumbuhan memberikan pengaruh nyata terhadap parameter bibit tanaman sawit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka Kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Aplikasi nano kompos dan nano partikel berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan sawit pada tahap pembibitan utama (main nursery) dimana perlakuan terbaik adalah P₄ (Nanokompos 1.000 ppm + ZnO 200 ppm + SiO₂ 100 ppm + 50% NPK).
2. Terdapat hubungan korelasi yang sangat kuat antara parameter diameter dan jumlah pelepah daun, volume akar dan luas daun, panjang akar dan jumlah pelepah daun, berat segar total dan panjang akar, berat kering total dan luas daun, berat segar akar dan tinggi tanaman, berat kering segar dan diameter, serta klorofil dan berat segar akar.

5.2. Saran

Berdasarkan Kesimpulan maka sarannya adalah berikut:

1. Untuk pembibitan sawit sebaiknya ditempatkan di lokasi yang memiliki kelembaban dan panas yang stabil.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi pengaruh jangka panjang dari aplikasi nano partikel dan nano kompos terhadap pertumbuhan dan produktivitas sawit. Penelitian ini dapat mencakup analisis terhadap kualitas tanah dan kesehatan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, R., Uddin, M. K., Quddus, M. A., Samad, M. Y. A., Hossain, M. A. M., & Haque, A. N. A. 2023. Impact of Foliar Application of Zinc and Zinc Oxide Nanoparticles on Growth, Yield, Nutrient Uptake and Quality of Tomato. *Horticulturae*. 9(2):162
- Aqilla, A. R. 2024. Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit pada Jenis Tanah yang Berbeda di Pembibitan *Pra-Nursery*. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*. 2(6): 389-392.
- Ariningsih, E. 2016. Prospek Penerapan Teknologi Nano dalam Pertanian dan Pengolahan Pangan di Indonesia. *Jurnal Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 934(1): 1-20.
- Awalla, L. K. 2023. Pengaruh Kompos yang Diperkaya Nanopartikel ZnO terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi Varietas Inpari 32.
- Barat, PS, Heryanto, R., Taufik, N., Indrayana, K., Nas, M., & Kusri, N. Budidaya Kelapa Sawit & Varietas Kelapa Sawit.
- Budan Pusat Statistik. 2024. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2023*. Badan Pusat Statistik.
- Buzea, C., Blandino, I. I. P., & Robbie, K. 2007. Nanomaterial dan nanopartikel: sumber dan toksisitas. *Biointerfase*, 2: MR170–MR172.
- Darmosarko, W., Akiyat, S., & Edy, S. H. 2008. Pembibitan Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.
- Darwis, A., & Wachjar, A. 2014. Optimasi Dosis Pupuk Nitrogen dan Fosfor pada MESTAKA: *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(4), Agustus 2023, Halaman: 158-163.
- Dimkpa, CO, Andrews, J., Fugice, J., Singh, U., Bindraban, PS, Elmer, WH, ... & White, JC (2020). Pelapisan urea yang mudah dengan nanopartikel ZnO dosis rendah meningkatkan kinerja gandum dan meningkatkan penyerapan Zn di bawah tekanan kekeringan. *Frontiers in plant science*, 11:168.
- Djajadi. 2013. Silika (Si): Unsur Hara Penting Dan Menguntungkan Bagi Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum L.*). *Perspektif*, 12(1): 47-55.
- Ghildan, A. Y., Antary, T. M., Awwad, A. M., & Ayad, J. Y. 2018. Physiological effect of some nanomaterials on pepper (*Capsicum annuum L.*) plants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(11), 7872-7878.
- Go, B. H. 1984. Pemupukan Tanaman Padi Gogo. Prasarana Raker. Padi Tanah Kering. Kaliurang, 6-8 Juli 1984.
- Hanafiah, K. A. 1997. Fisiologi Tanaman Budidaya. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hanafiah, K. A. 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

- Hawkins, H.-J., *et al.* 2018. The role of leaf area index in the growth of plants. *Plant Physiology*.
- Kawashima, Y., Yamamoto, H., Takeuchi, H., & Kuno, Y. 2000. Mukoadhesif DL-nanosfer kopolimer laktida/glikolida dilapisi dengan chitosan untuk meningkatkan kesehatan mulut pengiriman elcatonin. *Farmasi Pengembangan dan Teknologi*, 5(1): 77-85.
- Keerthana, M. B., Arivarasu, L., Kumar, S. R., & Thangavelu, L. 2021. Anti-Diabetic and Cytotoxic Effect of Zinc Oxide Nanoparticles Synthesised Using *Boerhaavia diffusa*. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 33(62A), 371-379.
- Liu, J., *et al.* 2021. Relationship between root development and chlorophyll content in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*.
- Lubis, R. E., & Agus, W. 2011. Buku Pintar Kelapa Sawit. Opi, Noviandi; Penyunting. Agromedia Pustaka. Jakarta. 304 hal.
- Lubis, A. U. 2008. Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis jacq.*) di Indonesia. Edisi 2. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Pematang Siantar.
- Mahendran, G., & Kumari, B. R. 2016. Biological activities of silver nanoparticles from *Nothapodytes nimmoniana* (Graham) Mabb. fruit extracts. *Food Science and Human Wellness*, 5(4), 207-218.
- Ma, J. F., & Takahashi, E. 2002. Soil, Fertilizer and Plant Silicon Research in Japan. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- Maryani, A. T. 2012. Pengaruh volume pemberian air terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di pembibitan utama. *Jurnal Agroekoteknologi*, 1(2), 64-75.
- Makarim, K., Suhartatik, E., & Kartohardjono, A. 2007. Silikon: Hara Penting pada Sistem Produksi Padi. *Balai Besar Penelitian Tanaman Padi*, 2(2): 195-204.
- Moghadam, M. M., & Motalleb, G. 2015. Nanoparticles and plant biotechnology. *Research in Biotechnology*, 6(5).
- Nurhadi, F., Astuti, Y. T. M., & Ginting, C. 2023. Pengaruh Aplikasi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pupuk NPK terhadap Pembibitan Kelapa Sawit di Pre Nursery. *AGROFORETECH*, 1(3), 1382-1386.
- Nurhidayati, N., Basit, A., & Qur'ania, A. 2024. Effect of ZnO Nanoparticles enhanced compost with different application methods on nutrient uptake and Grain Yield of Rice (*Oryza sativa*) Var. Inpari 32. In *BIO Web of Conferences*, 143, 01002. EDP Sciences.
- Nurhidayati, S. I., Tito, A., & Murwani, I. 2015. Influence of the kind of vermicompost material and earthworm *Pontoscolex corethrurus* population on the yield and quality of phak-coi mustard (*Brassica rapa L.*) with organic potting media. *Proceeding ICOLIB 2015*, 168-176.
- Nurhidayati, U. Ali, & I. Murwani. 2015. Influence of the kind of vermicompost material and earthworm *Pontoscolex corethrurus* population on the yield

and quality of phak-coi mustard (*Brassica rapa L.*) with organic potting media. In Proceeding The First International Conference on Life Science and Biotechnology Exploration And Conservation Of Biodiversity, pp. 168–176.

- Nurhidayati and Muslikah, S. 2022. Application of nano-vermicompost improves NPK nutrient uptake, chlorophyll content and yield of caisim mustard. Proceeding of International Conference on Multidisciplinary Sciences for Humanity in The Society 5.0 Era. E-ISSN 3021-7245. Vol. 2 pp. 163-171.
- Pandey, A. C., Sanjay, S. S., Yadav, R. S., et al. 2010. Aplikasi Nanopartikel ZnO dalam mempengaruhi tingkat pertumbuhan Cicer arietinum. J Exp Nano sains, 5: 488–497.
- Pahan, I. 2012. Panduan teknis budidaya kelapa sawit. Penebar Swadaya Grup.
- Purnomo, R., Santoso, M., & Heddy, S. 2013. Pengaruh Berbagai Macam Pupuk Organik Dan Anorganik Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus L.*). Jurnal Produksi Tanaman, 1(3), 93–100.
- Purba, T., Situmeang, R., & Rohman, H. F. (2021). Pemupukan dan Teknologi Pemupukan. In Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952
- Putri, F. S., Fevria, R., Des, M., & Putri, I. L. E. 2023. The Effect of Nano Technology Liquid Organic Fertilizer on The Growth of Red Spinach (*Amaranthus tricolor L.*) Cultivated Hydroponic. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 491-497.
- Pramuji, B. 2023. Respon Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) Terhadap Dosis Bokashi Batang Pisang dan NPK Mutiara 16: 16: 16 di Main-Nursery. *Dinamika Pertanian*, 39(3), 193-202.
- Pranata, A. 2010. Meningkatkan hasil panen dengan pupuk organik. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Prasetyo, E. (2017). “Morfologi dan Fisiologi Tanaman Kelapa Sawit.” *Penulisan* .
- Rochman, N. T. 2008. Peluang dan strategi pengembangan nanoteknologi di Indonesia. *Jurnal Riset Industri*, 2(1): 56-63.
- Rohaeti, E. 2020. Nanopartikel perak. UNY Press. Yogyakarta.
- Saad, A. M., Alabdali, A. Y. M., Ebaid, M., Salama, E., El-Saadony, M. T., Selim, S., SaAi, F. A., Alshamrani, S. M., Abdalla, H., Mahd, A. H. A., & El-Saadony, F. 2022. Impact of Green Chitosan Nanoparticles Fabricated from Shrimp Processing Waste as a Source of Nano Nitrogen Fertilizers on the Yield Quantity and Quality of Wheat (*Triticum aestivum L.*) Cultivars. *Molecules*, 27(17), 5640.
- Sadak, M. S., & Bakry, B. A. 2020. Zinc-oxide and nano ZnO oxide affect growth, some biochemical aspects, yield quantity, and quality of flax (*Linum usitatissimum L.*) in the absence and presence of compost under sandy soil. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1), 1–12.

- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. 1997. Fisiologi Tumbuhan. Terjemahan Dian Rukmana dan Sumaryono. ITB. Bandung.
- organik cair terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) di polibag. Klorofil: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Pertanian, 10(2), 82-89.
- Sakalena, F. 2015. Pengaruh pemberian jenis kompos limbah pertanian dan pupuk
- Sapseli, C., Merismon, M., & Sutejo, S. 2022. Respon Pertumbuhan Bibit Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair dan Dosis Pupuk NPK. *Jurnal Agro Silampari*, 11(1), 18-28.
- Sari, R. (2019). "Karakteristik Fisiologis Tanaman Kelapa Sawit." *Jurnal Tanaman Pangan* , 5(1), 45-52.
- Sethi, S. K., Dalei, S. R., Oko, A. O., Kumar, A., & Kindo, A. 2025. Effect of Nano-Fertilizer on Crop Plant Growth and Its Effect on Rhizospheric Microorganism and Its Application: A Comprehensive Review. Synthesizing and Characterizing Plant-Mediated Biocompatible Metal Nanoparticles, 177-202.
- Sihombing, S., & Siregar, A. (2020). "Kematangan Buah Sawit dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Minyak." *Jurnal Ilmu Pertanian* , 8(2), 123-130
- Smith, D. L., et al. 2019. Root volume and its impact on plant growth. Soil Science Society of America Journal.
- Srivastava, N., & Mukhopadhyay, M. 2015. Green synthesis and structural characterization of selenium nanoparticles and assessment of their antimicrobial property. Bioprocess and biosystems engineering, 38, 1723-1730.
- Sunawan , S., Sama, S., Tito, I., & Nurhidayati, N. (2022). Inovasi Teknologi Budidaya Sayuran Organik Menggunakan Pupuk Vermikompos di Kota Batu. *Jurnal Masyarakat Mandiri (JMM)* , 6 (2), 1114–1123.
- Syahputra, B. S. A. 2021. Hubungan Luas Daun, Diameter Batang dan Tinggi Tanaman Padi Karena Perbedaan Waktu Aplikasi Paclobutrazol (PBZ). *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 24(1), 28-33.
- Tarafdar, J. C., & Raliya, R. 2013. Nanotechnology: A new approach in agriculture. International Journal of Bioresource Stress Management, 4(2), 87-94.
- Ulum, M. B. 2024. Pengaruh Aplikasi Vermikompos yang Diperkaya Nano Partikel ZnO (*Seng Oksida*) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Varietas Inpari 32.
- Usman, M., Farooq, M., Wakeel, A., Nawaz, A., Cheema, S. A., ur Rehman, H., ... & Sanaullah, M. 2020. Nanotechnology in agriculture: Current status, challenges and future opportunities. *Science of the total environment*, 721.
- Vidanarko. 2011. *Buku Pintar Kelapa Sawit*. Jakarta: Agromedia Pustaka.

- Widowati, L. R. 2011. Pengembangan Teknologi Nano dengan Memanfaatkan Bahan Batuan Alami dan Bahan Organik. Proposal Prog Insentif Riset Terapan. Balai Penelitian Tanah Kementerian Pertanian. Jakarta. Hlm 1-33.
- Wirayuda , B., & Koesriharti . (2020). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik dan Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays sacharata* L.). *Jurnal Produksi Tanaman* , 8 (1), 201–209.
- Yanuar, F., & Widawati, M. 2014. Pemanfaatan Nano Teknologi dalam Pengembangan Pupuk dan Pestisida Organik. *Jurnal Litbang Kesehatan*, 21.
- Zhang, Y., et al. 2020 Effects of leaf number and area on photosynthesis in crops. *Journal of Agricultural Science*.

