

**PENGARUH APLIKASI MACAM NANO PARTIKEL DAN DOSIS  
VERMIKOMPOS POWDER TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL  
TANAMAN KUBIS BUNGA ( *Brassica oleraceavar* )VARIETAS LARISA F1**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**MOCHAMAD NUR NUGROHO**

**NIM.21901031067**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
MALANG  
2025**

**PENGARUH APLIKASI MACAM NANO PARTIKEL DAN DOSIS  
VERMIKOMPOS POWDER TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL  
TANAMAN KUBIS BUNGA ( *Brassica oleraceavar* )VARIETAS LARISA F1**

**SKRIPSI**

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

Oleh :  
**MOCHAMAD NUR NUGROHO**  
**NIM. 21901031067**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS ISLAM MALANG  
MALANG  
2025**

## RINGKASAN

**PENGARUH APLIKASI MACAM NANO PARTIKEL DAN DOSIS VERMIKOMPOS POWDER TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KUBIS BUNGA (*Brassica oleraceavar*) VARIETAS LARISA F1**

Dibawah Bimbingan : 1. Dr. Siti Asmaniyah Mardiani, SP, MP  
2. Ir. Siti Muslikah, MP

Kubis bunga merupakan salah satu sayuran yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan memiliki manfaat dalam mencukupi gizi masyarakat sehingga sangat prospektif untuk dibudidayakan. Praktik pertanian yang biasa dilakukan dalam upaya meningkatkan produksi yaitu melalui pemupukan kimia NPK, aplikasi NPK dalam jangka panjang dapat menimbulkan efek negatif terhadap tanah juga biayanya yang relatif mahal. Salah satu upaya untuk mengurangi pupuk anorganik yaitu dengan menggunakan pupuk organik seperti vermikompos dan juga penambahan nano partikel ZnO dan SiO<sub>2</sub>. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui interaksi macam nano partikel dan dosis vermikompos powder terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kubis bunga varietas Larisa F1. Penelitian ini merupakan percobaan pot di *green house* yang berlokasi di Desa Merjosari, Kecamatan Lowokwaru Kota Malang.

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah RAK Faktorial vs kontrol dengan perlakuan yang diujikan yaitu: P<sub>1</sub>D<sub>1</sub> (SiO<sub>2</sub> 50 mg/kg+ vermikompo 300g/pot), P<sub>1</sub>D<sub>2</sub> (SiO<sub>2</sub> 50 mg/kg+ vermikompos 600g/pot), P<sub>1</sub>D<sub>3</sub> (SiO<sub>2</sub> 50 mg/kg+ vermikompos 900g/pot), P<sub>2</sub>D<sub>1</sub> (ZnO 100 mg/kg+ vermikompos 300g/pot), P<sub>2</sub>D<sub>2</sub> (ZnO 100 mg/kg+ vermikompos 600g), P<sub>2</sub>D<sub>3</sub> (ZnO 100 mg/kg+ vermikompos 900g/pot), P<sub>3</sub>D<sub>1</sub> ((SiO<sub>2</sub>+ZnO)+ vermikompos 300g/pot), P<sub>3</sub>D<sub>2</sub> ((SiO<sub>2</sub>+ZnO)+ vermikompos 600g/pot), P<sub>3</sub>D<sub>3</sub> ((SiO<sub>2</sub>+ZnO)+ vermikompos 900g/pot) dan satu perlakuan pembanding menggunakan pupuk NPK. Variabel yang diamati meliputi : Pertumbuhan (Tinggi tanaman, Jumlah daun, Luas daun), Hasil (Bobot segar kubis bunga per tanaman, Keliling crop kubis bunga, Bobot segar total tanaman, Bobot kering total tanaman, Indeks panen).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara perlakuan macam nano partikel dan dosis vermikompos terhadap variabel pertumbuhan tanaman pada parameter tinggi tanaman dan hasil tanaman kubis bunga varietas Larisa F1 yang meliputi parameter bobot segar kubis bunga per tanaman, keliling crop kubis bunga, bobot segar total tanaman, bobot kering total tanaman, indeks panen. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan perlakuan P<sub>1</sub>D<sub>3</sub> (SiO<sub>2</sub> 50 mg/kg+ vermikompos 900g/pot) menunjukkan hasil terbaik.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Kubis bunga (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) atau yang juga disebut dengan kembang kol (kubis bunga) merupakan salah satu komoditas hortikultura dengan bunga berwarna putih, berupa tumbuhan berbatang lunak. Kembang kol masuk ke dalam jenis tanaman semusim yang berarti hanya dapat hidup satu musim lalu akan mati setelah pemanenan (Haryanti *et al.*, 2019)

Salah satu manfaat kubis bunga yaitu perannya dalam mencukupi kebutuhan gizi masyarakat. Kubis bunga merupakan salah satu jenis tanaman sayuran yang memiliki nilai gizi yang tinggi karena mengandung vitamin dan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh. Kubis bunga memiliki kandungan zat gizi yang terdiri dari kalsium, magnesium, kalium, fosfor dan lemak jenuh yang sangat rendah serta senyawa yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Kandungan senyawa sulforafan, indol dan antioksidan dalam kembang kol dapat secara efektif mencegah terjadinya kerusakan pada ginjal, kandung kemih, sebagai anti kanker, anti mikrobia, dan diuretik (Bux Baloch *et al.*, 2015)

Seiring dengan semakin meningkatnya kesadaran masyarakat tentang pentingnya mengkonsumsi sayuran untuk kesehatan tubuh. Permintaan konsumen akan kebutuhan sayuran juga ikut meningkat tidak terkecuali permintaan kubis bunga. Berdasarkan data produksi tanaman kubis bunga yang ada di Indonesia, produksi kubis bunga mengalami fluktuasi. Pada tahun 2014 sampai 2015 produksi kubis bunga mengalami penurunan jumlah produksi dari 136.508 ton/tahun menjadi 118.338 ton/tahun, kemudian mengalami kenaikan pada tahun 2016 dan tahun 2017

menjadi 142.884 ton/tahun dan 152.869 ton/tahun, tetapi mengalami penurunan kembali pada tahun 2018 menjadi 152.114 ton/tahun (BPS, 2019). Kebutuhan kubis bunga nasional Produksi kubis bunga di Indonesia berdasarkan data (BPS, 2018). mencapai 11,35 ton/ha pada tahun 2017 dan 12,14 ton/ha pada tahun 2018 . Kubis bunga merupakan salah satu sayuran yang memiliki nilai ekonomis tinggi sehingga sangat prospektif untuk dikembangkan kubis bunga. Untuk memenuhi kebutuhan produk sayuran pada masyarakat maka perlu adanya upaya peningkatan produksi dengan penerapan prinsip pertanian berkelanjutan.

Beberapa praktik pertanian yang sering dilakukan dalam upaya meningkatkan produksi yaitu melalui pemupukan kimia NPK. Menurut (Fahlevi *et al.*, 2021) selama ini, petani masih mengandalkan pupuk kimia sebagai sumber utama pupuk. Penggunaan pupuk kimia secara berkepanjangan dapat menyebabkan kerusakan fisik pada tanah, selain itu biaya pembelian pupuk juga relatif mahal. Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dapat berdampak negatif pada ekosistem dan lingkungan sekitar.

Menurut Chittora, (2023) Pupuk kimia dapat menyebabkan pengasaman tanah, mengurangi bahan organik dan kesuburan tanah secara keseluruhan. Hal ini menyebabkan menurunnya kualitas tanah seperti pemadatan tanah dan degradasi tanah (Massah & Azadegan, 2016). Dengan adanya berbagai dampak negatif tersebut perlu adanya pupuk alternatif yang lebih efektif dan efisien dan dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia. Penggunaan pupuk kompos dalam sistem budidaya tanaman telah banyak dilakukan oleh petani, karena terbukti mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah

Akhir-akhir ini telah dikembangkan teknologi nano di bidang pertanian terutama dalam pembuatan pupuk untuk keperluan budidaya tanaman. Penelitian terbaru menunjukkan potensi yang menjanjikan dari teknologi nano untuk meningkatkan produktifitas sektor pertanian dengan meningkatkan efisiensi input pertanian dan menawarkan solusi untuk masalah pertanian. 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) Nanoteknologi memungkinkan pengiriman nutrisi yang lebih efisien, pengendalian hama, dan pengelolaan lingkungan karena luas permukaan dan reaktivitas nanopartikel yang luar biasa.

Penelitian lain membuktikan bahwa nanofertilizer meningkatkan penyerapan dan ketersediaan nutrisi, yang mengarah pada peningkatan yang signifikan dalam pertumbuhan dan hasil tanaman (Sethi *et al.*, 2024). Penggunaan nano fertilizer memungkinkan pengiriman nutrisi yang tepat, mengurangi kekurangan nutrisi dan toksisitas tanah sambil meminimalkan frekuensi aplikasi pupuk (Munir *et al.*, 2024)

Menurut (Herdianto & Setiawan, 2015) tujuan dari penggunaan pupuk organik yang diperkaya bahan nano adalah menjaga keseimbangan lahan, meningkatkan produktivitas tanaman dengan tidak merusak lahan akibat penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan.

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi keadaan diatas maka dilakukan penelitian tentang “Pengaruh Aplikasi Pupuk Vermikompos Yang Diperkaya Nano

Partikel ZnO dan SiO<sub>2</sub> terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kubis bunga Varietas Larisa F1”

### 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana pengaruh interaksi macam nano partikel dosis vermikompos powder terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kubis bunga varietas Larisa F1 dibanding dengan pupuk anorganik
2. Bagaimana pengaruh macam nanopartikel yang ditambahkan ke dalam vermikompos terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kubis bunga varietas Larisa F1
3. Bagaimana pengaruh dosis vermikompos powder terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kubis bunga varietas Larisa F1

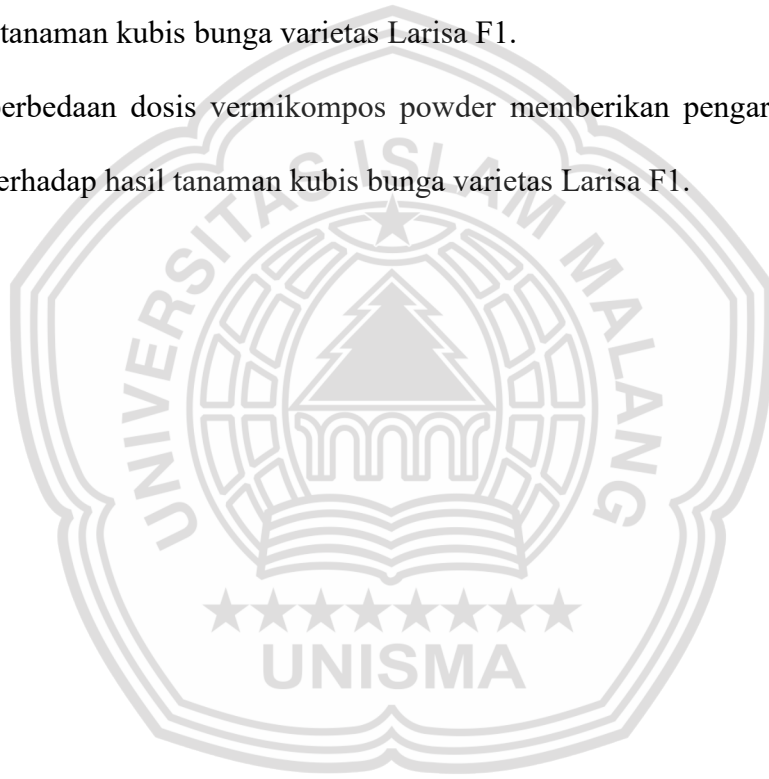
### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh interaksi macam nano partikel dan dosis vermikompos powder terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kubis bunga varietas Larisa F1 dibanding dengan pupuk anorganik
2. Mengetahui pengaruh macam nanopartikel yang ditambahkan ke dalam vermikompos terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kubis bunga varietas Larisa F1
3. Mengetahui pengaruh dosis vermikompos powder terhadap pertumbuhan terhadap hasil tanaman kubis bunga varietas Larisa F1

#### 1.4 Hipotesis

Dari tujuan penelitian diatas disusun hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. Diduga terdapat pengaruh interaksi antara macam nano partikel dan dosis vermikompos powder terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kubis bunga varietas Larisa F1 dibanding dengan pupuk anorganik
2. Diduga perbedaan macam nanopartikel yang ditambahkan ke dalam vermikompos akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kubis bunga varietas Larisa F1.
3. Diduga perbedaan dosis vermikompos powder memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil tanaman kubis bunga varietas Larisa F1.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan tentang “Pengaruh Aplikasi Macam Nano Partikel Dan Dosis Vermikompos Powder Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kubis Bunga (*Brassica Oleraceavar*) Varietas Larisa F1” dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perlakuan macam nano partikel dan dosis vermikompos berinteraksi nyata terhadap variabel pertumbuhan yaitu pada parameter tinggi tanaman dan hasil pada parameter keliling kubis bunga, bobot kubis bunga, bobot segar dan bobot kering total tanaman serta indeks panen dimana perlakuan  $P_1D_3$  ( $SiO_2$  50 mg/kg+vermikompos 900 g/pot) menunjukkan perlakuan terbaik.
2. Perlakuan macam nano partikel berpengaruh nyata terhadap variabel pertumbuhan tanaman dengan parameter tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun dan variabel hasil yang meliputi berat kubis bunga, keliling kubis bunga, berat segar total, berat kering total tanaman dan indeks panen. Dengan perlakuan  $P_1$  (Nanopartikel  $SiO_2$ ) menunjukkan hasil terbaik.
3. Perlakuan dosis vermikompos berpengaruh nyata terhadap variabel pertumbuhan dengan parameter tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun dan variabel hasil yang meliputi berat kubis bunga, keliling kubis bunga, berat segar total, berat kering total tanaman dan indeks panen. Dimana perlakuan  $D_3$  (vermikompos 900g/pot) menunjukkan hasil terbaik dibanding dosis lainnya.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan bahwa aplikasi nano macam nano partikel dan dosis vermikompos perlakuan  $P_1D_3$  ( $SiO_2$  50 mg/kg+ vermikompos 30ton/ha (900g) bisa direkomendasikan pada tanaman kubis bunga varietas Larisa F1 untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik, meningkatkan efisiensi unsur hara dan melakukan praktik pertanian berkelanjutan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abad, Q., & Shafiqi, S. (2024). *Vermicompost : Significance and Benefits for Agriculture*. 2, 202–207.
- Abioye, O. M., Amodu, M. F., Raphael, D. O., Olasehinde, D. A., Yusuf, K. O., & Olosho, A. I. (2024). An Overview of the Role of Vermicompost in Reducing Green House Gas Emissions, Improving Soil Health, and Increasing Crop Yields. *Applied Science and Engineering Progress*. <https://doi.org/https://doi.org/10.14416/j.asep.2024.09.011>
- Aftab, Z.-H., Mirza, F. S., Anjum, T., Rizwana, H., Akram, W., Aftab, M., Ali, M. D., & Li, G. (2025). *Antifungal Potential of Biogenic Zinc Oxide Nanoparticles for Controlling Cercospora Leaf Spot in Mung Bean*. *Nanomaterials*. 15(2), 143. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/nano15020143>
- Afzal, S., Ullah, S., Shahid, M., Najam, T., Shaaban, I. A., Shah, S. S. A., & Nazir, M. A. (2024). Metal oxide nanoparticles: Synthesis and applications in energy, biomedical, and environment sector. *Journal of The Chinese Chemical Society*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jccs.202400347>
- Ahmed, K. M., Qader, A. F., Omer, R. A., & Abdulkareem, E. (2024). An Overview of the Preparation Methodologies for the Synthesis of Organic and Bioorganic Nanoparticles. *Ournal of Physical Chemistry and Functional Materials*, 7(2), 227–235. <https://doi.org/https://doi.org/10.54565/jphcfum.1528076>
- BPS. (2018). *Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim*.
- BPS. (2019). *Produksi Sayuran di Indonesia, Tahun 2014-2018*.
- Bux Baloch, A., Xia, X., & Ahmed Sheikh, S. (2015). Proximate and Mineral Compositions of Dried Cauliflower (*Brassica Oleracea* L.) Grown In Sindh, Pakistan. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3(3), 213–219. <https://doi.org/10.12691/jfnr-3-3-14>
- Cao, M., Lv, W., Wang, F., Ma, S., Geng, H., Li, J., Gao, Z., Xu, Q., Jing, G., Leng, W., Chen, K., Tan, Z., Zhang, P., Sun, K., & Xing, B. (2024). Foliar Application of Zinc Oxide Nanoparticles Alleviates Phenanthrene and Cadmium-Induced Phytotoxicity in Lettuce: Regulation of Plant–Rhizosphere–Microbial Long Distance. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.est.4c07881>

*Carbon-Based Nanomaterials: Carbon Nanotube, Fullerene, and Carbon Dots.* (2023). 27–57. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-19-7963-7\\_2](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-19-7963-7_2)

Chen, H., & Yada, R. (2011). No Title. *Nanotechnologies in Agriculture: New Tools for Sustainable Development. Trends in Food Science and Technology*, 22(11), 585–594.

Chittora, D. (2023). Harmful Impact of Synthetic Fertilizers on Growing Agriculture and Environment. *Global Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*, 11(1). <https://doi.org/10.19080/gjpps.2023.11.555804> Coppa, E., Quagliata, G., Palombieri, S., Lavarone, C., Sestili, F., Del Buono, D., & Astolfi, S. (2024). Biogenic ZnO Nanoparticles Effectively Alleviate Cadmium-Induced Stress in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf) Plants. *Environments*, 11(12), 285. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/environments11120285>

Daler, S., Kaya, O., Canturk, S., Korkmaz, N., Kilic, T., Karadag, A., & Hatterman-Valenti, H. (2024). Silicon Nanoparticles (SiO<sub>2</sub> NPs) Boost Drought Tolerance in Grapevines by Enhancing Some Morphological, Physiological, and Biochemical Traits. *Plant Molecular Biology Reporter*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11105-024-01520-y>

Elsayed, N., Mehasen, S., Khalil, R., Al-Musawi, H., & Gamal, A. (2024). *Nano silica reinforces the tolerance of the wheat plant against drought stress.* <https://doi.org/https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5271175/v1>

Elsheery, N. I., Helaly, M. N., Omar, S. A., John, S. V. S., Zabochnicka-Swiątek, M., Kalaji, H. M., & Rastogi, A. (2020). *Physiological and molecular mechanisms of salinity tolerance in grafted cucumber. South African J Bot.* 90–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.12.014>.

Fahlevi, R., Jundan, M., & Renwarin, A. (2021). Cara Pembuatan Pupuk Kompos Pada Masa Pandemi. *Prosiding Seminar Nasional ...*, 1–5. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat/article/view/11250%0Ahttps://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat/article/download/11250/6430>

Fayomi, O. M. (2024). GROWTH AND YIELD RESPONSES OF SOYBEAN (*Glycine max* L.) TO ZINC OXIDE (ZnO) NANOPARTICLES FOLIAR APPLICATION. *Biotechnologia Acta*, 17(6), 56–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.15407/biotech17.06.056>

Gemachu, L. Y., & Bogale, R. F. (2024). *A Review on the Three Types of Nanocomposites Synthesis, Characterization and Their Applications in*

*Different**Areas.*<https://doi.org/https://doi.org/10.20944/preprints202401.1201.v1>

- Haryanti, D., Efendi, D., & Sobir, D. (2019). Keragaman Morfologi dan Komponen Hasil Kubis Bunga (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) di Dataran Tinggi dan Dataran Rendah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 47(3), 291–298. <https://doi.org/10.24831/jai.v47i3.25902>
- He, X., Xi, B., & Gao, M. (2020). *Effects of Vermicompost Application on Soil Quality and Crop Growth: A Review*. *Pedosphere*. 30(4), 421–433.
- Herdianto, D., & Setiawan, A. (2015a). Upaya peningkatan kualitas tanah melalui sosialisasi pupuk hayati, pupuk organik, dan olah tanah konservasi. *Jurnal Aplikasi Ipteks Untuk Masyarakat*, 4(1), 47–53.
- Herdianto, D., & Setiawan, A. (2015b). Upaya Peningkatan Kualitas Tanah Melalui Sosialisasi Pupuk Hayati, Pupuk Organik, dan Olah Tanah Konservasi di Desa Sukamanah dan Desa Nanggerang Kecamatan Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Aplikasi Ipteks Untuk Masyarakat*, 4(1), 47–53.
- Hidangmayum, A., Guru, A., Setty, J., & Dwivedi, P. (2025). *Uptake, Accumulation, and Toxicity of Nanoparticles in Plants*. 201–221. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781003354253-13>
- Kalteh, M., Alipour, Z. T., Ashraf, S., Marashi Aliabadi, M., & Marashi Aliabadi, A. (2014). . Effect of silica nanoparticles on basil (*Ocimum basilicum* L.) under salinity stress. *Journal of Chemical Health Risks*, 49–55.
- Khot, L. R., Sankaran, S., Maja, J. M., Ehsani, R., & Schuster, E. W. (2012). No Title. *Applications of Nanomaterials in Agricultural Production and Crop Protection: A Review*. *Crop Prot.*, 35, 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.01.007>
- Koushal, S., Arya Singh, D., Kadam, G. L., Parmar, A., Chauhan, N., Haloi, D., R, K. K., & Rahman, T. (2025). Vermicomposting and Its Role in Soil Health: A Comprehensive Review. *Ournal of Scientific Research and Reports*, 31(1), 461–471. <https://doi.org/https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i12789>
- Lazcano, C., & Domínguez, J. (2011). *T H E U S E O F V E R M I C O M P O S T I N S U S T A I N A B L E A G R I C U L T U R E : I M P A C T O N P L A N T G R O W T H*. 1–23.
- Mali, C., Maniyar, K., Rupanar, S., Jathar, A., Nawghare, B., Kakade, N., Modak, G., Bhambere, V. L., Deshmukh, S., Gawande, J. S., & Biradar, R. (2024). An

Analysis of Nanoparticles in Composite Materials. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 1215–1223.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.18311/jmmf/2024/45579>

Massah, J., & Azadegan, B. (2016). Effect of chemical fertilizers on soil compaction and degradation. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 47(1), 44–50.

Mazaheri-Tirani, M., & Dayani, S. (2020). In vitro effect of zinc oxide nanoparticles on *Nicotiana tabacum* callus compared to ZnO micro particles and zinc sulfate (ZnSO<sub>4</sub>). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 140(2), 279–289.

Munir, A., Salah, M. A., Ali, M., Ali, B., Saleem, M. H., Samarasinghe, K. G. B. A., & Anas, M. (2024). Advancing Agriculture: Harnessing Smart Nanoparticles for Precision Fertilization. *BioNanoScience*, 14(4), 3846–3863.

Niknam, Z., Hossein Zadeh, F., Toosi, S., Karimi Haji Shoreh, N., Rasmi, Y., & Saleem, I. (2024). *Organic-based nanomaterials for regenerative medicine*. 359–400. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/b978-0-323-95513-3.00003-4>

Nurhidayati, N., Ali, U., & Murwani, I. (2021). Chemical Composition of Vermicompost Made from Organic Wastes through the Vermicomposting and Composting with the Addition of Fish Meal and Egg Shells Flour. *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 6(2), 111–120.  
<https://doi.org/10.21776/ub.jpacr.2017.006.02.309>

Nurhidayati, N., Machfudz, M., & Murwani, I. (2018). Direct and residual effect of various vermicompost on soil nutrient and nutrient uptake dynamics and productivity of four mustard Pak-Coi (*Brassica rapa* L.) sequences in organic farming system. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 7(2), 173–181. <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0203-0>

Nurhidayati, Tito, S. ., Basit, A., & Nisma, U. S. . (2023). *Peluang dan Prospek Teknologi Nano dalam Sistem Produksi Pertanian di Indonesia* (A. Sofi & A. Murtadlo (Eds.); 1st ed.). UNISMA PRESS.

Patel, K. K., Priya, P., Tekam, Y., Shah, A. K., Kumar, K., Kumhare, A., & Dwarka, D. (2024). Effect of Vermicompost on Soil Properties, Plant Growth and Environmental Sustainability: A Review. *Nternational Journal of Plant and Soil Science*, 36(12), 688–693x.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i125244>

- Patil, T. V, Genge, M. R., & Pawar, K. D. (2024). *Principal Applications of Gold Nanoparticles in the Biomedical Field*. 291–325. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781003538455-9>
- Rai, M., & Ingle, A. (2012). No Title. *Role of Nanotechnology in Agriculture with Special Reference to Management of Insect Pests*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 287–293.
- Raliya, R., And, J., & Tarafdar, C. (2013). ZnO nanoparticle biosynthesis and its effect on phosphorous-mobilizing enzyme secretion and gum contents in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Jurnal Agricutural*, 2(1), 48–57. <https://doi.org/https://doi.org/20.2007/s40003-012-0049-z>
- Rani, N., Khan, Y. A., Yadav, S., Saini, K., & Maity, D. (2024). Application of Metal Oxide Nanoparticles in Different Carcinomas. *Journal of Nanotheranostics*, 5(4), 253–272. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jnt5040015>
- Ravi, S. N., Rajendran, S., Madhumathi, G., Packirisamy, A. S. B., Vallinayagam, S., Khan, A. A., & Malik, A. (2024). Carbon nanomaterials: Pioneering innovations in bioimaging and biosensing technologies. *Journal of Molecular Structure*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2024.138987>
- Risman, R. D. S., Nonkhonman, C., & Sungthongwises, K. (2024). Integrating vermicompost, black soldier fly, and inorganic fertilizers enhances corn growth and yield. *Heliyon*, 11(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41314>
- Ruiz Santoyo, V., Serrano-Diaz, P., Andrade-Ezpinoza, B. A., Fernandez\_Arteaga, Y., & Arenas-Arrocena, M. C. (2024). *etal Oxide-based Nanoparticles for Environmental Remediation: Drawbacks and Opportunities*. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3311/ppch.36670>
- Saric Medic, B., Tomic, N., Lagopati, N., Gazouli, M., & Pojskic, L. (2024). *Advances in Metal and Metal Oxide Nanomaterials for Topical Antimicrobial Applications: Insights and Future Perspectives*. *Molecules*. 29(23), 5551. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules29235551>

- Sethi, S. k, Dalei, S. R., Oko, A. O., Kumar, A., & Kindo, A. (2024). Effect of Nano-Fertilizer on Crop Plant Growth and Its Effect on Rhizospheric Microorganism and Its Application. *Advances in Chemical and Materials Engineering Book Series*, 177–202. <https://doi.org/https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6240-2.ch007>
- Shekhawat, M. S., & Joshee, N. (2024). *Silicon Nanoparticles (SiNPs)–Mediated Morpho-histochemical Improvements in the Micropropagation of Medicinal Plants*. 230–247. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/b23374-12>
- Siddiqui, M. H., & Al-Whaibi, M. H. (2014). Role of nano-SiO<sub>2</sub> in germination of tomato (*Lycopersicum esculentum* seeds Mill.). *Saudi Journal of Biological Scences*, 21(1), 13–17.
- Subramanaian, K. S., & Tarafdar, J. (2011). Prospects of nanotechnology in Indian farming. *Indian J Agric Sc*, 81(10), 887–893.
- Sudrajat, A. F., Jufri, E., & Sulistyono. (2016). *Studies on the effects of silicon and antitranspirant on chili pepper (Capsicum annuum L.) growth and yield*. *Eur. J. Sci.* <https://doi.org/Doi:10.3923/ijar.2017.36.40>
- Walia, S. S., & Kaur, T. (2024). *importance of Application of Vermicompost in Cereal, Fruit and Vegetable Crops*. 129–134. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-99-8953-9\\_12](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-99-8953-9_12)
- Wang, L., Pan, T., Li, S., Wang, Y., White, J. C., Xing, B., & Cai, K. (2024). Silica nanoparticles enhance plant disease resistance by modulating the endophyte community structure in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) roots. *Environmental Science. Nano*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1039/d4en00511b>
- Xu, J., Luo, X., Wang, Y., & Feng, Y. (2018). Evaluation of zinc oxide nanoparticles on lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth and soil bacterial community. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 6026–6035.
- Yin, R., Tarnsangpradit, J., Gul, A., Jeong, J., Hu, X., Zhao, Y., Wu, H., Li, Q., Fytas, G., Karim, A., Bockstaller, M. R., & Matyjaszewski, K. (2024). Organic nanoparticles with tunable size and rigidity by hyperbranching and cross-linking using microemulsion ATRP. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 121(29). <https://doi.org/https://doi.org/10.1073/pnas.2406337121>

Zargar, S. M., Mahajan, R., Bhat, J. A., Nazir, M., & Deskmukh, R. (2019). Role of Silicon in Plant stress Tolerance: Opportunities to Achieve a Sustainable Cropping System. *3 Biotech*, 9(3), 73.

Zulkarnain, H. (2022). *BUDIDAYA SAYURAN TROPIS* (Suryani (Ed.); 1st ed.). PT Bumi Aksara.  
<https://books.google.co.id/books?id=1LaStQEACAAJ&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>

