

**APLIKASI FOLIAR NANOKOMPOS DIPERKAYA NANO PARTIKEL
ZnO PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI PAKCOY
(*Brassica rapa L.*).**

SKRIPSI

Oleh :

IRFAN NAWAWI

NIM. 21701031044



PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2024

**APLIKASI FOLIAR NANOKOMPOS DIPERKAYA NANO PARTIKEL
ZnO PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI PAKCOY
(*Brassica rapa L.*).**

SKRIPSI

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

Oleh :
IRFAN NAWAWI
NIM. 21701031044



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
MALANG
2024**

RINGKASAN

IRFAN NAWAWI (21701031044) APLIKASI FOLIAR NANOKOMPOS DIPERKAYA NANO PARTIKEL ZNO PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI PAKCOY (*Brassica Rapa L.*)

Di bawah bimbingan : 1. Prof. Dr. Ir. Nurhidayati, MP
2. Ir. Siti Muslikah, MP.

Pertanian modern mampu meningkatkan produksi pertanian dan produktivitas tanaman, tetapi memiliki keterbatasan dan belum mengatasi permasalahan dalam sistem produksi pertanian. Salah satu upaya yang menjajikan adalah penggunaan nanoteknologi dalam pertanian. Nanoteknologi merupakan ilmu yang bekerja dengan partikel skala nano meter. Nanoteknologi telah menunjukkan potensi untuk meningkatkan produktivitas tanaman melalui peningkatan efisiensi penyerapan nutrisi, fotosintesis dan resistensi terhadap stres lingkungan. Nanokompos adalah salah satu aplikasi nanoteknologi dalam pembuatan pupuk organik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh aplikasi foliar nanokompos diperkaya nano partikel ZnO terhadap pertumbuhan dan hasil sawi pakcoy.

Penelitian ini dilakukan di rumah plastic yang bertempat di Dusun tebelo, Desa Sidomulyo, kecamatan Jabung, Kabupaten Malang. Dimulai pada bulan April sampai Mei 2024. Pada penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) sederhana. Terdapat 7 macam perlakuan meliputi N0 (kontrol), N1 (perlakuan urea 100kg/ha atau 2 gram/ tanaman, KC1 1g/tanaman, SP-36 1g/tanaman), N2 (perlakuan 100 ppm Nanokompos + 10 ppm Nano partikel ZnO), N3 (perlakuan 200 ppm Nanokompos + 20 ppm Nano Partikel ZnO), N4 (perlakuan 300 ppm Nanokompos + 30 ppm Nano Partikel ZnO), N5 (perlakuan 400 ppm Nanokompos + 40 ppm Nano Partikel ZnO), N6 (perlakuan 500 ppm Nanokompos + 50 ppm Nano Partikel ZnO). Dalam tujuh perlakuan tersebut diulang sebanyak tiga kali ulangan dan masing masing perlakuan terdiri dari 3 sampel tanaman, sehingga jumlah keseluruhan sampel tanaman adalah 63 tanaman. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman(cm), jumlah daun (cm), luas daun (cm²), berat segar total tanaman, berat segar ekonomis dan berat kering tanaman.

Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa aplikasi nanokompos dan nano partikel pada berbagai konsentrasi tidak berpengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman pada awal pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun dan luas daun) hingga umur 15 hst, namun pada umur 20-30 hst menunjukkan pengaruh yang nyata, dimana perlakuan nano kompos 200-500 ppm+ Nanopartikel ZnO 20-50 ppm memberikan pertumbuhan yang sama tingginya dengan pupuk NPK. Hasil uji BNJ 5 % pada hasil panen pada parameter bobot segar total tanaman dan bobot bernilai ekonomis menunjukkan bahwa perlakuan Nano kompos 200-500 ppm + Nano partikel ZnO 20-50 ppm memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan N0 (tanpa perlakuan) dan pupuk NPK. Namun pada parameter bobot kering total tanaman perlakuan Nanokompos (200-500 ppm)+Nanopartikel ZnO 20-50 ppm memiliki hasil yang sama tingginya dengan pupuk NPK. Dengan demikian penggunaan Nanokompos dan Nano Partikel ZnO pada tanaman sawi pakcoy dapat menggantikan penggunaan pupuk NPK dengan kisaran dosis Nanokompos 200 sampai 500 ppm dan Nano Partikel ZnO 20 ppm



sampai 50 ppm.



SUMMARY

IRFAN NAWAWI (21701031044) APPLICATION OF FOLIAR NANOCOMPOST ENRICHED WITH ZNO NANO PARTICLES ON THE GROWTH AND YIELD OF PAKCOY (*Brassica Rapa L.*) Mustard Greens Plants

Under the guidance of: 1. Prof.Dr. Ir. Nurhidayati, MP
2. Ir.Siti Muslikah, MP.

Modern agricultureable to increase agricultural production and crop productivity, but has limitations and has not yet overcome problems in the agricultural production system. One promising effort is the use of nanotechnology in agriculture. Nanotechnology is a science that works with nanometer scale particles. Nanotechnology has shown the potential to increase plant productivity through increasing the efficiency of nutrient uptake, photosynthesis and resistance to environmental stress. Nanocompost is one application of nanotechnology in making organic fertilizer. The aim of this research was to examine the effect of foliar application of nanocompost enriched with ZnO nanoparticles on the growth and yield of pak choy mustard greens.

This research was conducted in a plastic house located in Tebelo Hamlet, Sidomulyo Village, Jabung District, Malang Regency. Starting from April to May 2024. This research used a simple Randomized Block Design (RAK) method. There are 7 types of treatment including N0 (control), N1 (urea treatment 100kg/ha or 2 grams/plant, KC1 1g/plant, SP-36 1g/plant), N2 (treatment 100 ppm Nanocompost + 10 ppm ZnO Nano particles), N3 (200 ppm Nanocompost treatment + 20 ppm ZnO Nano Particles), N4 (300 ppm Nanocompost treatment + 30 ppm ZnO Nano Particles), N5 (400 ppm Nanocompost treatment + 40 ppm ZnO Nano Particles), N6 (500 ppm Nanocompost treatment + 50 ppm ZnO Nano Particles). The seven treatments were repeated three times and each treatment consisted of 3 plant samples, so the total number of plant samples was 63 plants. The parameters observed included plant height (cm), number of leaves (cm), area leaves (cm²), total fresh weight of the plant, economic fresh weight and dry weight of the plant.

The results of the analysis of variance (ANOVA) showed that the application of nanocompost and nano particles at various concentrations had no significant effect on plant growth at the beginning of plant growth (plant height, number of leaves and leaf area) up to 15 days after planting, but at 20-30 days after planting it showed a real effect, where the treatment of nano compost 200-500 ppm + ZnO nanoparticles 20-50 ppm provides the same high growth as NPK fertilizer. The results of the 5% BNJ test on harvest results in the parameters of total plant fresh weight and economic value weight show that the Nano compost treatment 200-500 ppm + ZnO Nano particles 20-50 ppm gives higher yields compared to N0 treatment (without treatment) and NPK fertilizer. However, in terms of the total dry weight parameter, plants treated with Nanocompost (200-500 ppm) + ZnO Nanoparticles 20-50 ppm had the same high yield as NPK fertilizer. Thus, the use of Nanocompost and ZnO Nano Particles on Pakcoy mustard plants can replace the use of NPK fertilizer with a dosage range of Nanocompost of 200 to 500 ppm and ZnO Nano Particles of 20 ppm to 50 ppm.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian modern menghadapi tantangan besar dalam hal peningkatan hasil panen dan keberlanjutan lingkungan. Sekalipun penerapan teknologi konvensional dan modern mampu meningkatkan produksi pertanian dan produktivitas tanaman, namun teknologi ini tetap memiliki keterbatasan dan belum mampu mengatasi permasalahan dalam system produksi pertanian. Oleh karena itu diperlukan penerapan teknologi baru dalam system pertanian.

Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan nanoteknologi dalam pertanian. Nanoteknologi, ilmu yang bekerja dengan partikel kecil skala nano meter, memberikan harapan di masa depan untuk mengatasi kesulitan yang dihadapi di bidang pertanian. Sampai sekarang, penggunaan ilmu pengetahuan baru ini, nanoteknologi di bidang pertanian sebagian besar masih bersifat teoritis, namun hal ini telah dimulai dan akan terus memberikan pengaruh yang signifikan dalam bidang utama pemuliaan varietas tanaman baru, pengembangan bahan fungsional baru dan sistem pengiriman cerdas untuk bahan kimia pertanian seperti herbisida, pupuk dan pestisida, integrasi sistem cerdas untuk pengolahan makanan, pengemasan dan bidang lainnya seperti remediasi residu herbisida dan pestisida dari tanaman dan tanah, pengolahan air limbah, dll. (Moraru dkk., 2003). Potensi ini semakin meningkat dari hari ke hari seiring dengan diidentifikasinya teknik dan sensor yang sesuai untuk pertanian presisi, pengelolaan sumber daya alam, dan deteksi dini patogen dan kontaminan dalam produk makanan. Nanoteknologi telah menunjukkan potensi untuk meningkatkan produktivitas tanaman melalui peningkatan efisiensi penyerapan nutrisi, fotosintesis, dan resistensi terhadap stres lingkungan. Nanoteknologi juga menawarkan potensi untuk meminimalkan dampak lingkungan

dari praktik pertanian konvensional.

Nanokompos adalah salah satu aplikasi nanoteknologi dalam pembuatan pupuk organik. Pembuatan nano kompos diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil panen. Penerapan nanoteknologi dalam pembuatan kompos dengan alasan bahwa kompos merupakan pupuk yang lambat proses pelepasan haranya, sehingga perlu upaya untuk mempercepat proses dekomposisinya, melalui pengecilan ukuran partikelnya.

Sawi pakcoy adalah salah satu jenis sayuran daun yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Sawi pakcoi memiliki nilai ekonomi tinggi dan permintaan yang terus meningkat. Namun, kendala utama dalam budidaya sawi pakcoi adalah serangan hama, penyakit, dan kondisi tanah yang kurang subur. Perbaikan kesuburan tanah dapat dilakukan dengan penggunaan pupuk organik. Nurhidayati dkk. (2015) melaporkan bahwa aplikasi pupuk organik ke dalam tanah dapat memperbaiki sifat fisik tanah sehingga perkembangan perakaran tanaman menjadi lebih optimal untuk menyerap unsur hara dalam tanah. Namun kelemahan pupuk organik ini adalah efeknya terhadap tanah dan tanaman berjalan lambat seiring dengan proses dekomposisi bahan organik tersebut. Penggunaan nanokompos yang diperkaya dengan nanopartikel ZnO diharapkan dapat memberikan solusi terhadap masalah ini dengan aplikasi secara langsung pada daun tanaman. Efek tambahan dari aplikasi foliar ini diharapkan dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit serta meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi.

Sawi pakcoi seperti tanaman lainnya membutuhkan nutrisi yang cukup Untuk pertumbuhan optimal Tanaman sawi tidak hanya membutuhkan unsur hara

makro, tetapi juga unsur hara mikro seperti Seng (Zn). Seng merupakan zat gizi mikro yang penting bagi manusia, hewan, dan juga tanaman. Zn adalah komponen penting dari berbagai enzim yang mengkatalisis banyak reaksi metabolisme pada tumbuhan. Seng juga mempunyai peran penting dalam ketahanan tanaman terhadap penyakit, fotosintesis, membran sel integritas, sintesis protein, pembentukan serbuk sari dan meningkatkan tingkat enzim antioksidan dan klorofil dalam jaringan tumbuhan (Hussain, 2015).

Kekurangan seng tidak hanya menghambat pertumbuhan dan hasil tanaman, tetapi juga berdampak pada manusia, dimana lebih dari 3 miliar orang di seluruh dunia menderita defisiensi Fe dan Zn, dan kondisi ini tersebar luas di daerah-daerah dimana penduduknya sangat bergantung pada pola makan makanan berbasis sereal yang tidak bervariasi (Hafeez, 2013).

Defisiensi hara mikro pada umumnya ditemukan pada tanah berkapur, sebagai dampak dari pH tinggi, sehingga mengurangi ketersediaan unsur hara mikro dan kemampuan penyerapan unsur hara oleh tanaman. Oleh karena itu kebutuhan tanaman secara alami meningkat terhadap unsur-unsur tersebut (Alloway, 2008; Lalljee dan Facknath, 2001; Uygur dan Rimmer, 2000). Kelebihan penggunaan pupuk fosfat pada tanah yang kekurangan unsur mikro menyebabkan kekurangan unsur hara mikro pada tanaman. Dengan demikian konsentrasi hara mikro akan menurun pada bahan kering dan hasil panen (Salimpour dkk., 2010; Khorgamy dan Farnis, 2009; Hopkins dan Ellsworth, 2003). Zinc oxide (ZnO) adalah bahan yang memiliki sifat antimikroba dan antioksidan.

Berdasarkan informasi di atas perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengkaji aplikasi foliar nanokompos yang diperkaya dengan

nanopartikel ZnO pada tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa L.*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh aplikasi foliar nanokompos diperkaya dengan nanopartikel ZnO terhadap pertumbuhan sawi pakcoy?
2. Bagaimana pengaruh aplikasi foliar nanokompos diperkaya dengan nanopartikel ZnO terhadap hasil panen sawi pakcoy?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengkaji pengaruh aplikasi foliar nanokompos diperkaya dengan nanopartikel ZnO terhadap pertumbuhan sawi pakcoy.
2. Untuk mengkaji pengaruh aplikasi foliar nanokompos diperkaya dengan nanopartikel ZnO terhadap hasil panen sawi pakcoy.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai aplikasi nanokompos dan nanopartikel ZnO dalam budidaya sawi pakcoy.
2. Memberikan alternatif solusi bagi petani sawi pakcoy untuk meningkatkan hasil panen dengan metode yang lebih ramah lingkungan.
3. Membantu dalam pengembangan teknologi pertanian berkelanjutan yang memanfaatkan nanoteknologi.

1.5 Hipotesis

Aplikasi foliar nanokompos yang diperkaya dengan nanopartikel ZnO akan

meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy dibandingkan dengan aplikasi pupuk NPK atau tanpa aplikasi pupuk (kontrol).



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan tentang “Aplikasi Foliar Nanokompos Diperkaya Nano Partikel ZnO Pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa L.*) disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemberian Nanokompos dengan konsentrasi 100 ppm sampai 500 ppm dan Nanopartikel ZnO dengan konsentrasi 10 ppm sampai 50 ppm memberikan pertumbuhan tanaman sawi pakcoy yang sama baiknya dengan perlakuan pupuk anorganik.
2. Pemberian Nanokompos dengan konsentrasi 200 ppm sampai 500 ppm dan Nanopartikel ZnO dengan konsentrasi 20 ppm sampai 500 ppm memberikan hasil yang lebih tinggi dari pemberian pupuk NPK.

5.2 Saran

Penggunaan Nanokompos dan Nanopartikel ZnO pada tanaman sawi pakcoy dapat menggantikan penggunaan pupuk NPK dengan kisaran konsentrasi Nanokompos 200 sampai 500 ppm dan Nanopartikel ZnO 20 ppm sampai 50 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., K. A. Riaz, G. Mairaj, M. Arif, M. Fida, S. Bibi, 2008. Penilaian praktik pengelolaan hara tanaman yang berbeda untuk peningkatan hasil. *Jurnal Ilmu Tanaman Australia*, 2(3): 150-157
- Alloway. B. J., 2002. Seng-mikronutrien penting untuk tanaman yang sehat dan bernilai tinggi. Asosiasi Seng Internasional (IZA).
- Awalla, L. K., N. Nurhidayati, & S. Muslikah, 2024. Pengaruh Kompos yang diperkaya Nano Partikel Seng Oksida (Zno) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi (*oryza sativa l.*) Varietas inpari 32. *AGRONISMA*, 11(2), 362-374.
- Chen, J., H. Zhang, & W. Liu, (2014). The role of fertilizers in the sustainable agriculture development: A review. *Agricultural Sciences*, 5(6), 17-29.
- Darmawan., 2010 Budidaya Tanaman pakcoy. Kanisius. Yogyakarta
- Dimkpa, C. O., J. Andrews., J. Fugice., U. Singh., P. S. Bindraban., W. H. Elmer., J. C. White. 2020. Facile coating of urea with low-dose ZnO nanoparticles promotes wheat performance and enhances Zn uptake under drought stress. *Frontiers in plant science*, 11, 168.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorder and Nutrient Management. International Rice Research Institute – Potash & Phosphate Institute (PPI) - Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC).
- Fauza, R., P. Manurung, dan Y. Yulianti. 2021. Efek NaOH pada Pembentukan Nano ZnO Metode Hidrotermal. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 2(3):98-103
- Fernandez, V., Eichert, T., Del Rio, V., Lopez-Casado, G., Heredia-Guerrero, J. A., Abadía, A., & Heredia, A. 2013. "Effect of zinc foliar application on the zinc concentration of maize leaves and grain." *Agronomy Journal*, 105(6). 1-8 .
- [FAO/WHO] Food and Agriculture Organization of the United States/World Health Organization. 2013. State of the art on the initiatives and activities relevant to risk assessment and risk management of nanotechnologies in the food and agriculture sectors. FAO/WHO Technical Paper. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization.
- Ghildan, A. Y., T. M. Antary, A. M. Awwad, and J. Y. Ayad. 2018. Physiological effect of some nanomaterials on pepper (*Capsicum annuum L.*) plants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(11), 7872-7878.

- Hamim, 2013. Nanobioteknologi. Departemen Biologi. Institut Pertanian Bogor.
- Lu J, Bowles M. 2013. How will nanotechnology affect agricultural supply chains? *IFAMA Rev.* 16(2):21-42.
- Herdianto, D. D., A. Setiawan. 2015. Upaya peningkatan kualitas tanah melalui sosialisasi pupuk hayati, pupuk organik, dan olah tanah konservasi di Desa Sukamanah dan Desa Nanggerang Kecamatan Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya. *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks Untuk Masyarakat*, 4(1).
- Indrayana I. P. T. 2019. Review Fe3O4 dari Pasir Besi: Sintesis, Karakterisasi, dan Fungsionalis hingga Aplikasi dalam bidang Nanoteknologi Maju. *Jurnal UNIERA*, 8(2) : 65-75
- Kannan, S. 2010. "Foliar fertilization for sustainable crop production." *Sustainable Agriculture Reviews*, 3, 371-402. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8741-6_10
- Kargozar, S., dan M. Mozafari. 2018. Nanotechnology and Nanomedicine: Start Small, Think Big. *Materials Today: Proceedings*, 5(7): 15492-15500.
- Khot, L. R., S. Sankaran, M. Maja, J., R. Ehsani, & E. W. Schuster, 2012. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review. *Crop Protection*, 35, 64-70.
- Kuzma, J. dan P. Verhage, 2006. Nanotechnology in Agriculture and Food Production, Anticipated Application. Project on Emerging Nanotechnologies. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Washington.
- Liu, R., Lal, R., & N. K. Fageria, 2016. Relevance of zinc in crops and human health. *Plant and Soil*, 411(1-2), 1-22.
- Matson, P. A., W. J. Parton, A. G. Power, & M. J. Swift, 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277(5325), 504-509.
- Mirvat, E. G., M. H. Mohamed, M. M. Tawfik, 2006. Pengaruh pupuk fosfor dan penyemprotan daun dengan seng terhadap pertumbuhan, hasil dan kualitas kacang tanah pada tanah berpasir reklamasi. *Jurnal Penelitian Sains Terapan*, 2(8): 491-496
- Mousavi, S. R., M. Galavi, G. Ahmadvand, 2007. Pengaruh aplikasi daun seng dan mangan terhadap hasil, kualitas dan pengayaan pada kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Jurnal Ilmu Tumbuhan Asia*, 6: 1256-1260.
- Mulyatun. 2016. Sumber Energi Terbarukan dan Pupuk Organik dari Limbah Kotoran Sapi. *Jurnal Dimas*. 16(1):191-214.
- Nurhidayati, N., M. Machfudz, and A. Basit. 2021. Yield and nutritional quality of green leafy lettuce (*Lactuca sativa* L.) under soilless culture system using

various composition of growing media and vermicompost rates. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*. 36(2): 200-212.

Nurhidayati, A. Basit., S.T. Iradat., N. U. S. Rahmawati. 2023. *Peluang dan Prospek Teknologi Nano dalam Sistem Produksi Pertanian di Indonesia*. UNISMA PRESS. 179 Hal.

Prasad, R., V. Kumar, & K. S. Prasad, 2012. Nanotechnology in sustainable agriculture: Present concerns and future aspects. *African Journal of Biotechnology*, 11(80), 142-148.

Rahmawati, N. U. S. 2021. Serapan hara, pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) Yang dibudidayakan secara organik dengan aplikasi vermikompos. *Folium: Jurnal Ilmu Pertanian*, 5(1), 57-68.

Raliya, R., R. Nair, S. Chavalmane, W. N. Wang, & P. Biswas, 2017. Mechanistic evaluation of translocation and physiological impact of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles on *Glycine max*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(2), 664-670.

Raliya, R., Tarafdar, J. C., & Biswas, P. (2015). Enhancing the mobilization of native phosphorus in the mung bean rhizosphere using zinc oxide nanoparticles synthesized by soil fungi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(10), 2320-2328.

Rauf, A. W., Syamsudin, S. R. Sihombing. 2010. *Peranan Pupuk NPK pada Tanaman Padi*. Departemen Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Irian Jaya.

Rorokesumaningwati. 2000. Pupuk dan Pemupukan. Universitas Mulawarman Press. Samarinda.

Sable, P. N., B. S. Bhargava, & P. P. Sable, 2011. "Foliar application of iron and manganese improves the yield, quality, and nutrient uptake in groundnut (*Arachis hypogaea* L.)." *Journal of Plant Nutrition*, 34(10), 1-16. <https://doi.org/10.1080/01904167.2011.606336>

Sarwar, M. 2011. Effects of zinc fertilizer application on the incidence of rice stem borers (*Scirpophaga* species) (Lepidoptera: Pyralidae) in rice (*Oryza sativa* L.) crop. *Journal of Cereals and Oilseeds*. 2(5):61-65.

Servin, A. D., H. Castillo-Michel, J. A. Hernandez-Viezcas, B. C. Diaz, J. R. Peralta-Videa, & J. L. Gardea-Torresdey, 2015. Synchrotron micro-XRF and micro-XANES confirmation of the uptake and translocation of TiO₂ nanoparticles in cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Environmental Science & Technology*, 49(5), 2823-2831.

Setyaningrum, H. D dan C. Saparinto. 2011. Panen Sayur Secara Rutin di Lahan Sempit. Penebar Swadaya, Jakarta.

Setyorini, Diah et al (2006). Kompos. Departemen Pertanian. Balittanah.go.id.

- Singh, N., and K. Kathayat. 2018. Integrates application of micronutrients to improve growth, yield, quality and economic yield in potato-a review. *Int. Jurnal. Curr. Micrbio. App. Sci*, 7(8), 2930-2935.
- Soeryoko, H. 2011. Kiat Pintar Memproduksi Kompos Dengan Pengurai Buatan Sendiri. *Lily Publisher*. Yogyakarta. 112 hal.
- Subramanian, K. S., A. Manikandan, M. Thirunavukkarasu, & C. S. Rahale, 2015. Nano- fertilizers for balanced crop nutrition: Technology for achieving high productivity and nutrient use efficiency. *Applied Nanoscience*, 5(7), 27-37.
- Sukmawati, S. 2012. Budidaya pakcoy (*Brassica chinensis*. L) secara organik dengan pengaruh beberapa jenis pupuk organik. Karya Ilmiah. Politeknik Negeri Lampung. 9 hal.
- Sutirman. 2011. Pakcoy (Sawi Sendok) Organik – Bisnis Sayuran Menguntungkan. Gunadarma. Jogjakarta.
- Ulum, M. B., N. Nurhidayati, & A. Basit, 2024. Pengaruh aplikasi vermikompos yang diperkaya dengan nano partikel ZnO (seng oksida) terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi sawah (*oryza sativa l.*) varietas Inpari 32. *AGRONISMA*, 12(1), 99-114.
- Wahyudi. 2010. Petunjuk Praktis Bertanam Sayuran. Agro Media Pustaka, Jakarta.
- Wang, X., Liu, X., & Wang, Z. (2018). Adaptation mechanisms of pakchoi (*Brassica rapa L. subsp. chinensis*) to different environmental conditions. *Plant Science Journal*, 36(2), 117-128.
- Widowati, L.R. 2011. Pengembangan Teknologi Nano dengan Memanfaatkan Bahan Batuan Alami dan Bahan Organik. Proposal Program Insentif Riset Terapan. Balai Penelitian Tanah Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Yanuar, F., dan M. Widawati. 2014. Pemanfaatan Nanoteknologi dalam Pengembangan Pupuk dan Pestisida Organik. *Jurnal Litbang Kesehatan*, 2(1): 1-10.
- Zhao, L., Sun, Y., Hernandez-Viezcas, J. A., Hong, J., Majumdar, S., Niu, G., & J. R. Peralta-Videa, 2018. Monitoring the environmental effects of CeO₂ and ZnO nanoparticles through the life cycle of corn (*Zea mays*) plants and their implications in agricultural systems. *Environmental Science & Technology*, 52(10), 2906-2915.
- Zhu, X., C. Dong, Y. Wang, & J. Lin, 2017. Nutritional properties and health benefits of pakchoi (*Brassica rapa L. subsp. chinensis*). *Food Science and Human Wellness*, 6(1), 1-10.