



**PENGARUH PEMBERIAN PUPUK NANOKOMPOS YANG DIPERKAYA
NANOPARTIKEL ZnO DAN SiO₂ TERHADAP PERTUMBUHAN DAN
HASIL TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum esculantum* L.)**

SKRIPSI

Oleh:

MUCHAMAD HARIS ABDILAH

NIM. 22101031051



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

2025



MOTTO

SKRIPSI INI TIDAK LAH SEMPURNA
TAPI MAMPU MEMBUAT SAYA HURU HARA,
DEMI GELAR SARJANA



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : PENGARUH PEMBERIAN PUPUK NANOKOMPOS
YANG DIPERKAYA NANOPARTIKEL ZnO DAN SiO₂
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN
TOMAT (*Solanum lycopersicum esculantum* L.)

Nama Mahasiswa : Muchamad Haris Abdilah

NPM : 22101031051

Program Studi : AGROTEKNOLOGI

Menyetujui

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua



Prof. Dr. Ir. Nurhidayati, M.P



Anita Qur'ania, S.P., M. Ling.

Dekan

Ketua Progam Studi



Dr. H. Anis Rosyidah, M. P.



Anita Qur'ania, S.P., M. Ling.



Lembar pengesahan

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : PENGARUH PEMBERIAN PUPUK NANOKOMPOS YANG
DIPERKAYA NANOPARTIKEL ZnO DAN SiO₂ TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN TOMAT
(*Solanum lycopersicum esculantum* L.)

Nama Mahasiswa : Muchamad Haris Abdilah

NPM : 22101031051

Program Studi : AGROTEKNOLOGI

Mengesahkan,

Majelis Penguji

Dr. Ir. Sugiarto, M.P.

Ketua

Prof. Dr. Ir. Nurhidayati, MP.

Anggota

Anita Qur'ania, S.P., M. Ling.

Anggota



PERNYATAAN KEASLIAN PENULIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muchamad Haris Abdilah

NPM : 22101031051

Prodi : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian Universitas Islam Malang

Judul : PENGARUH PEMBERIAN PUPUK NANOKOMPOS YANG
DIPERKAYA NANOPARTIKEL ZnO DAN SiO₂ TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN TOMAT (*Solanum
lycopersicum esculantum* L.)

Merupakan karya yang saya buat sendiri dan bukan merupakan bagian skripsi lain, apabila ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar, saya sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Islam Malang

Malang, 20 Agustus 2025

Muchamad Haris Abdilah

NIM : 22101031051

PERSEMBAHAN

Puji syukur selalu terpanjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Saya tidak akan menyusun skripsi dengan mudah dan lancar apabila tidak ada bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini izinkan saya untuk mempersembahkan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ahmad Supagi, Ibu Rodikyah selaku orang tua saya dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dalam bentuk apapun serta memberika nasihat tentang kehidupan saya.



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, saya panjatkan kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-NYA sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan tepat waktu.

Adapun judul dari skripsi ini adalah “PENGARUH PEMBERIAN PUPUK NANOKOMPOS YANG DIPERKAYA NANOPARTIKEL ZnO DAN SiO₂ TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum esculantum* L.)” yang disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan tingkat Strata Satu (S1), pada program studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang (UNISMA).

Kesempatan kali ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Anis Rosyidah, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian yang telah membantu hal hal yang dalam menyelesaikan penyusunan skripsi.
2. Ibu Anita Qur'ania, S.P., M. Ling. selaku Ketua Prodi Agroteknologi dan dosen pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan penyusunan skripsi.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Nurhidayati, M.P. selaku dosen pembimbing I telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan penyusunan skripsi .
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang terlibat dalam kegiatan dan penyusunan skripsi.

Saya menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini, untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat saya harapkan demi perbaikan pada kegiatan selanjutnya. Akhirnya semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca yang membutuhkannya.

Malang, 20 Agustus 2025



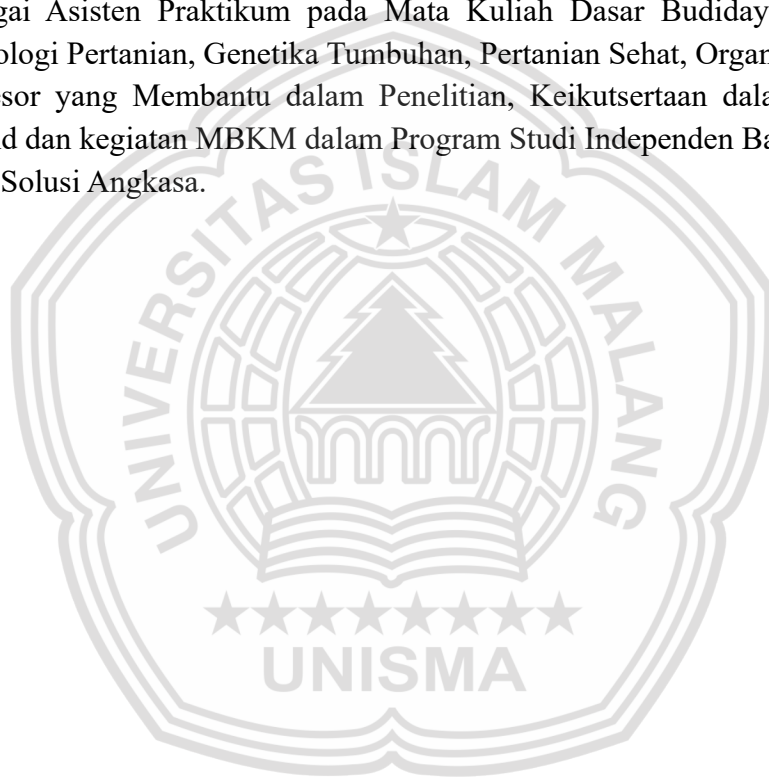
Muchamad Haris Abdilah



RIWAYAT HIDUP



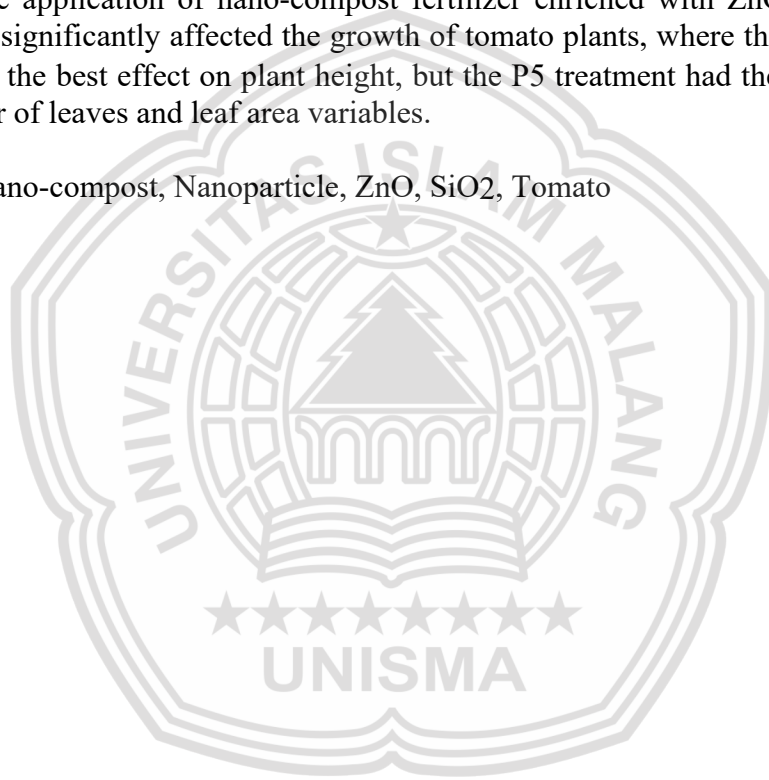
Penulis dilahirkan di Kabupaten Malang, pada tanggal 30 Desember 2001 sebagai putra bungsu dari pasangan Ayah Supagi dan Ibu Rodikyah. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di MI Miftahul Ulum, Desa Ampeldento, Kabupaten Malang lulus pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama di MTs Raudlatul Ulum, Kec. Karangploso, Kab. Malang lulus tahun 2018, Sekolah Menengah Atas di SMK Negeri 2 Kota Batu Program Keahlian Agribisnis Tanaman Pangan dan Hortikultura, lulus tahun 2021, pada tahun 2021 diterima di Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang, Prodi Agroteknologi hingga selesai. Selama masa perkuliahan penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan salah satunya sebagai Asisten Praktikum pada Mata Kuliah Dasar Budidaya Tanaman, BioKimia, Biologi Pertanian, Genetika Tumbuhan, Pertanian Sehat, Organik Farming, Asisten Profesor yang Membantu dalam Penelitian, Keikutsertaan dalam program Matching Fund dan kegiatan MBKM dalam Program Studi Independen Batch 6 di PT. (KSA) Karya Solusi Angkasa.



Abstrak

The decline in soil fertility due to excessive use of chemical fertilizers reduces soil productivity so that environmentally friendly solutions are needed. One way to overcome the problem of decreasing soil fertility is by combining the use of organic fertilizers and the application of nanotechnology in the form of nano-compost fertilizer enriched with ZnO and SiO₂ nanoparticles. This study used a Simple RAK consisting of six treatments, namely; P0 (No treatment), P1 (100% NPK fertilizer), P2 (100g nano-compost fertilizer + 50% NPK), P3 (100g nano-compost + 0.01g ZnO nanoparticles + 50% NPK), P4 (100g nano-compost + 0.005g SiO₂ nanoparticles + 50% NPK), and P5 (100g nano-compost + 0.01g ZnO nanoparticles + 0.005g SiO₂ nanoparticles + 50% NPK). The observed variables included plant height, number of leaves, and leaf area. The experimental data were analyzed using variance analysis (ANOVA) with a 5% LSD test. The application of nano-compost fertilizer enriched with ZnO and SiO₂ nanoparticles significantly affected the growth of tomato plants, where the P1 dan P4 treatment had the best effect on plant height, but the P5 treatment had the best effect on the number of leaves and leaf area variables.

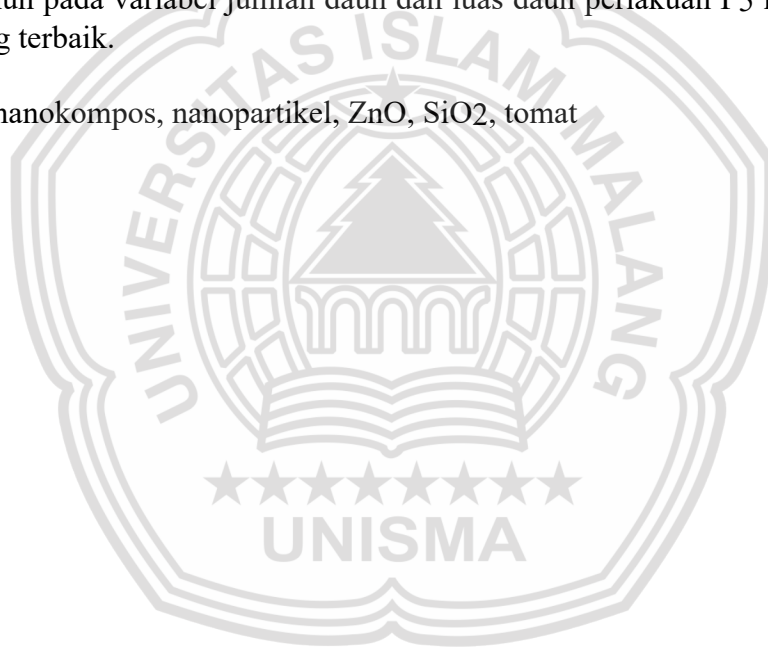
Keywords: Nano-compost, Nanoparticle, ZnO, SiO₂, Tomato



Abstrak

Penurunan kesuburan tanah akibat penggunaan pupuk kimia berlebihan menurunkan produktivitas tanah sehingga diperlukan solusi ramah lingkungan. Salah satu cara untuk mengatasi masalah penurunan kesuburan tanah adalah dengan mengkombinasikan penggunaan pupuk organik dan penerapan nanoteknologi dalam bentuk pupuk nanokompos yang diperkaya nano partikel ZnO dan SiO₂. Penelitian ini menggunakan RAK Sederhana yang terdiri dari enam perlakuan yaitu; P0 (Tanpa perlakuan), P1 (Pupuk NPK 100%), P2 (Pupuk nano kompos 100 g + 50% NPK), P3 (Nano kompos 100 g + nano partikel ZnO 0,01 g + 50% NPK), P4 (Nano kompos 100 g + nano partikel SiO₂ 0,005 g + 50% NPK), dan P5 (Nano kompos 100 g + nano partikel ZnO 0,01 g + nano partikel SiO₂ 0,005 g + 50% NPK). Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun. Data hasil percobaan dianalisis ragam (ANOVA) dengan uji BNT 5%. Aplikasi pupuk nanokompos yang diperkaya nano partikel ZnO dan SiO₂ berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman tomat, dimana perlakuan P1 dan P4 memberikan pengaruh yang terbaik terhadap tinggi tanaman, namun pada variabel jumlah daun dan luas daun perlakuan P5 memberikan pengaruh yang terbaik.

Kata Kunci : nanokompos, nanopartikel, ZnO, SiO₂, tomat



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan komoditas tanaman sayuran dengan nilai gizi tinggi dan dibudidayakan secara luas di seluruh dunia. Tomat salah satu komoditas pasar yang memiliki banyak kandungan gizi seperti vitamin C, vitamin A, protein, kalsium, natrium, kalium, fosfor, tiamin, riboflavin, niasin, askorbik yang sangat dibutuhkan oleh tubuh (Li *et al.*, 2025). Permintaan dan konsumsi tomat di Indonesia terus meningkat setiap tahun, dengan konsumsi rumah tangga mencapai 1.084.993 ton pada 2020, naik menjadi 1.114.399 ton di 2021, dan 1.168.744 ton pada 2022 (Badan Pusat Statistik, 2024). Upaya peningkatan produktivitas tomat, memerlukan kondisi tanah yang subur, namun, luas lahan subur mengalami penurunan karena kesuburan tanah menurun akibat penggunaan pupuk kimia berlebihan dalam jangka panjang pada sistem budidaya konvensional (Nurcahya *et al.*, 2017). Oleh karena itu, dibutuhkan suatu solusi budidaya tanaman yang lebih efisien dan ramah lingkungan, salah satu nya memanfaatkan pupuk organik.

Penggunaan pupuk organik dalam budidaya pertanian menjadi salah satu solusi perbaikan kesuburan tanah agar menghasilkan produksi tanaman yang optimal, namun demikian efek dari pupuk organik tersebut membutuhkan waktu yang lama, mengakibatkan aktivasi bakteri dekomposer penghasil enzim penghancur lignin dan selulosa secara bersamaan, dengan hancurnya lignin dan selulosa maka kadar karbon turun dan kadar nitrogen meningkat sehingga C/N rasio menjadi kecil dan ideal bagi tanaman waktu yang dibutuhkan agar unsur hara dalam kompos menjadi

tersedia bagi tanaman bervariasi, biasanya membutuhkan waktu antara 3 bulan hingga 1 tahun tergantung pada karakteristik bahan kompos (Trivana *et al.*, 2017). Upaya mengatasi masalah ini dibutuhkan suatu teknologi maju yang memanfaatkan material berukuran kecil yang disebut dengan material nano dimana proses pembuatannya menggunakan teknologi nano. Menurut Nurhidayati *et al.*, (2023) penerapan teknologi nano dalam bidang pertanian memiliki prospek cerah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi melalui formulasi pupuk nano, memecahkan kendala penurunan hasil pertanian melalui bioteknologi nano, pengendalian hama dan penyakit, serta pengembangan pestisida generasi baru. Teknologi nano masih perlu dikaji terus penerapannya khususnya dalam budidaya tanaman sayuran yang membutuhkan sistem pertanian intensif karena rentan terhadap serangan hama dan penyakit dan membutuhkan pasokan hara yang tinggi sebagaimana dalam budidaya tomat.

Pertumbuhan tomat yang optimal akan dicapai bila unsur hara tersedia cukup memadai dalam tanah. Ketersediaan unsur hara yang optimal tidak hanya ditentukan oleh banyaknya unsur hara yang ditambahkan ke dalam tanah, namun juga ditentukan oleh ketersediaan unsur hara tersebut di dalam tanah yang dipengaruhi oleh sifat-sifat kimia tanah yang menunjang ketersediaan hara dalam tanah (Nurhidayati, 2022). Salah satu usaha perlu dilakukan adalah dengan menambah bahan partikel yang berfungsi sebagai koloid tanah untuk memperbaiki proses penyediaan hara dalam tanah. Koloid tanah berukuran kurang dari 1 mikron yang dapat berasal dari bahan organik. Penelitian ini menambahkan bahan nano kompos yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penyediaan dan penyerapan hara dalam tanah. (Risnawati *et al.*, 2023) menambahkan bahwa bahan organik dalam tanah dapat berperan sebagai bahan perekat yang dapat

memperbaiki struktur tanah sehingga strukturnya lebih mantap namun bersifat porus sehingga akar tanaman lebih mudah menembus tanah dan menyerap unsur hara yang ada di dalam tanah, yang dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang lebih baik (Risnawati et al., 2023).

Nanoteknologi juga mengembangkan material yang berukuran skala nano meter. Salah satu material nano yang dapat digunakan sebagai unsur hara esensial dan fungsional bagi tanaman adalah Seng dan Silika.

Nanopartikel zinc oxide (ZnO-NPs) memiliki ukuran sangat kecil dan luas permukaan yang besar, sehingga mampu meningkatkan kelarutan dan ketersediaan unsur Zn lebih efisien dibandingkan bentuk konvensional. Hal ini menjadikannya sangat potensial sebagai nanopupuk yang mampu mengoptimalkan penyerapan nutrisi sekaligus mengurangi kehilangan unsur hara ke lingkungan. Aplikasi ZnO-NPs pada tanaman seperti gandum dan jagung terbukti meningkatkan kandungan klorofil, karotenoid, serta aktivitas enzim antioksidan (SOD, CAT, APX) pada dosis optimal, meskipun dosis berlebihan dapat menimbulkan stres oksidatif. Selain sebagai sumber hara mikro Zn, ZnO-NPs juga memiliki sifat antimikroba, berperan melindungi tanaman dari patogen, serta mendukung teknologi pertanian berkelanjutan seperti nanopupuk, nanosensor, dan sistem penghantaran pestisida terkontrol (Rizwan et al., 2017); (Raliya et al., 2015).

Silicon (Si) diserap tanaman dalam bentuk asam monosilikat (orthosilicic acid) yang kemudian diendapkan sebagai fitolit di dinding sel, berfungsi memperkuat struktur tanaman dan membentuk penghalang fisik terhadap patogen maupun herbivora. Selain itu, silikon terbukti berperan dalam mitigasi stres abiotik seperti

salinitas dan kekeringan melalui pengurangan tekanan osmotik, pengaturan homeostasis ion, peningkatan fotosintesis, dan penguatan sistem antioksidan. Perkembangan nanoteknologi juga memungkinkan pemanfaatan nanopartikel silika (Si-NPs) sebagai nano-pestisida, nano-fertilizer, maupun vektor penghantaran nutrisi secara tertarget, sekaligus memberi efek fisik dalam pengendalian hama (Debnath et al., 2011)

Penelitian mengenai aplikasi nanokompos dan nanopartikel pada tanaman tomat masih sedikit yang meneliti sehingga penting dilakukan penelitian tentang menggunakan nanokompos yang diperkaya nanopartikel ZnO dan SiO₂ guna meningkatkan hasil dari tanaman tomat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh pemberian pupuk nanokompos yang diperkaya nanopartikel ZnO dan SiO₂ terhadap pertumbuhan tanaman tomat?
2. Bagaimana pengaruh pemberian pupuk nanokompos yang diperkaya nanopartikel ZnO dan SiO₂ terhadap hasil tanaman tomat?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh pemberian pupuk nanokompos yang diperkaya nanopartikel dan SiO₂ terhadap pertumbuhan tanaman tomat.
2. Mengetahui pengaruh pemberian pupuk nanokompos yang diperkaya nanopartikel ZnO dan SiO₂ terhadap hasil tanaman tomat.

1.4 Hipotesis

1. Diduga pemberian pupuk nanokompos yang diperkaya nanopartikel ZnO dan SiO₂ akan memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman tomat
2. Diduga pemberian pupuk nanokompos yang diperkaya nanopartikel ZnO dan SiO₂ akan memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil tanaman tomat.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan tentang “Pengaruh Nanokompos yang Diperkaya Nano Partikel ZnO dan SiO₂ Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum Esculentum* L.)” dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Aplikasi pupuk nanokompos yang diperkaya nano partikel ZnO dan SiO₂ berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman tomat, dimana perlakuan P4 (Nanokompos + nanopartikel SiO₂ 0,005 g + 50% NPK) merupakan perlakuan yang memberikan pengaruh yang terbaik terhadap tinggi tanaman, namun pada variabel jumlah daun dan luas daun perlakuan P5 (nanokompos 100 g + ZnO 0,01 g + SiO₂ 0,005 g + 50% NPK) memberikan pengaruh yang terbaik.
2. Aplikasi pupuk nanokompos yang diperkaya nano partikel ZnO dan SiO₂ berpengaruh nyata terhadap hasil tanaman tomat, dimana pada variabel berat total buah perlakuan P4 (100 g + Nanokompos + nanopartikel SiO₂ 0,005 g + 50% NPK) memberikan pengaruh yang terbaik, namun pada variabel jumlah total buah dan berat segar total tanaman perlakuan P3 (nanokompos 100 g + nanopartikel ZnO 0,01 g + 50% NPK, P4 (nanokompos 100 g + nanopartikel SiO₂ 0,005 g + 50% NPK) dan P5 (nanokompos 100 g + ZnO nanopartikel ZnO 0,01 g + nanopartikel SiO₂ 0,005 g + 50% NPK) memberikan pengaruh

yang sama dan pada variabel berat kering total tanaman perlakuan P3 (nanokompos 100 g + NPK 50%) memberikan pengaruh yang terbaik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini disarankan bahwa aplikasi pupuk kompos diperkaya nano partikel ZnO yaitu perlakuan P5 (nanopartikel ZnO 0,01 g + nanopartikel SiO₂ 0,005 g + 50% NPK) bisa direkomendasikan kepada petani budidaya tanaman tomat untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik atau NPK, meningkatkan efisiensi unsur hara mikronutrien dan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman tomat.



DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, P., G. K. Jayaprakash, K. M. Crosby, J. L. Jifon, & B. S. Patil, 2020. Nanoparticle-mediated Seed Priming Improves Germination, Growth, Yield, and Quality of Watermelons (*Citrullus lanatus*) at Multi-locations in Texas. *Scientific Reports*, 10(1), 5037.
- Alex, S. 2011. Sayuran dalam Pot. Penerbit Pustaka Baru Press.
- Alloway, B.J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. Second Edition. Belgium: International Zinc Association.
- Al-Omran, A., A. Ibrahim, and A. Alharbi, 2021. Effects of Biochar and Compost on Soil Physical Quality Indices. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(20), pp.2482-2499.
- Angelone, M. and C. Bini, 2017. Trace Element Concentrations in Soils and Plants of Western Europe. In *Biogeochemistry of Trace Metals* (pp. 31-72). CRC Press.
- Asdani, R. N. 2017. Respon Dua Varietas Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Terhadap Pemangkasan Cabang. *Skripsi*. Universitas Borneo Tarakan.
- Babalola, O.A., J.K. Adesodun, F.O. Olasantan, and A.F. Adekunle, 2012. Responses of some Soil Biological, Chemical and Physical Properties to Short-term Compost Amendment. *International Journal of Soil Science*, 7(1), p.28.
- Bachtiar, B., & A. H. Ahmad, 2019. Analisis Kandungan Hara Kompos Johar Cassia Siamea dengan Penambahan Aktivator Promi. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*, 4(1), 68-76.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2024. Data Dan Informasi Produktivitas Dan Produksi Tanaman Sayuran. Indonesia.
- Castellini, M., M. Diacono, A. Preite, and F. Montemurro, 2022. Short-and Medium-term Effects of On-farm Compost Addition on The Physical and Hydraulic Properties of a Clay Soil. *Agonomy*, 12(6), p.1446.
- Dadashi, S., M. G. Sepanlou, and S. K. Mirnia, 2019. Influence Organic Compost Compounds on Soil Chemical and Physical Properties. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, 4(1).
- Debnath, N., S. Das, D. Seth, R. Chandra, S. C. Bhattacharya, & A. Goswami, 2021. Entomotoxic Effect of Silica Nanoparticles Against *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Pest Science*, 94(1), 157–170. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01287-1>

- El-Mahrouk, E. S. M., E. A. M. Atef, M. K. Gabr, M. A. Aly, A. E. Mohamed, E. A. Eisa, & M. A. Gururani, 2024. Response of *Salvia Officinalis* to Zinc and Silicon Nanoparticles and Pollen Extract as Alternates to Traditional Fertilizers. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1469691.
- El-Saadony, M. T., A. M. Saad, S. M. Soliman, H. M. Salem, E. S. M. Desoky, A. O. Babalghith, ... & Abu Qamar, S. F. 2022. Role of Nanoparticles in Enhancing Crop Tolerance to Abiotic Stress: A comprehensive review. *Frontiers in plant science*, 13, 946717.
- Elsheery, N. I. M. N. Helaly, H. M. El-Hoseiny, & S. M. Alam-Eldein, 2020. Zinc Oxide and Silicone Nanoparticles to Improve The Resistance Mechanism and Annual Productivity ff Salt-stressed Mango Trees. *Agonomy*, 10(4), 558.
- Elvidius, S., D. Zulfita, & J. P. D. H. H. Nawawi, 2022. Pengaruh Kompos Biomassa Gulma Daun Lebar Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi Keriting pada Tanah Aluvial.
- Fitri, I. N., & Y. W. E. Kusumo, 2022. Daya Hasil 18 Galur Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L.) Hasil Seleksi IPB. *Buletin Agohorti*, 10(3), 458-467.
- Fitriani, E. 2012. Untung Berlipat Budidaya Tomat di Berbagai Media Tanam. Yogyakarta.
- Fitriani, H. P., & S. Haryanti, 2016. Pengaruh Penggunaan Pupuk Nanosilika Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*) var. Bulat. *Buletin Anatomi dan Fisiologi dh Sellula*, 24(1), 34-41.
- Gapper, N. E., R. McQuinn, & J. Giovannoni, 2019. *Molecular and Genetic Regulation of Fruit Ripening*. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1554. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01554>
- García, M.C.V., F.S. Estrella, M.J. Lopes, and J. Moreno, 2008. Influence Of Compost Amendment on Soil Biological Properties and Plants. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, 1(2), pp.1-9.
- Giovannoni, J. 2022. *Solanum lycopersicum, a Model Plant for The Studies in Fruit Development, Ripening, and Metabolism*. *Horticulture Research*, 9, uhac007. <https://doi.org/10.1093/hr/uhac007>.
- Hafeez, R., T. Aziz, M. Farooq, A. Wakeel, Z. Rengel. 2012. Zinc Nutrition in Rice Production Systems: A Review. *J. Plant Soil*. 361: 203-226.
- Hamam, M., B. Pujiasmanto., Dan Supriyono. 2017. Peningkatan Hasil Padi (*Oryza sativa* L.) dan Kadar Zink dalam Beras melalui Aplikasi Zink Sulfat Heptahidrat. *J. Agon. Indonesia*. 45(3):243-248.

Horikoshi, S. dan N. Serpone, 2013, Introduction to Nanoparticles, Microwaves in Nanoparticle Synthesis: Fundamentals and Applications, 1–24, (Online), (<https://doi.org/10.1002/9783527648122.ch1>)

Ir Abdul Basit, M. P., & Rahmawati, N. U. S. (2023). *Peluang dan Prospek Teknologi Nano dalam Sistem Produksi Pertanian di Indonesia*. UNISMA PRESS.

Kalteh, M., Z. T. Alipour, S. Ashraf, A. M. Marashi, N.A.Falah, 2018. Effect of Silica Nanoparticles on Basil (*Ocimum basilicum*) under Salinity Stress. Journal of Chemical Health and Risks.4(3). <https://doi.org/10.22034/JCHR.2018.544075>

Khan, M. N., *et al.* (2021). Silica Nanoparticles Enhanced Plant Growth and Stress Tolerance: a Review. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici, 49(1), 134–146.

Khater, E.S.G., 2012. Chemical and Physical Properties of Compost. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 29(4), pp.1567-1582.

Lázaro-Mixteco, P. E., *et al.* (2019). *Tomato production: Current Status and Future Prospects*. Agonomy, 9(11), 757. <https://doi.org/10.3390/agonomy9110757>.

Li, G., H. Long, R. Zhang, A. Xu, & L. Niu, (2025). Stable Soil Water Shapes The Rhizosphere of *Solanum lycopersicum* L. and Improves Tomato Fruit Yield and Quality. *Scientia Horticulturae*, 341(February). <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.114001>

Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H., & Song, A. 2015. *Silicon in Agriculture: From Theory to Practice*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9978-2>

M. Rizwan, S. Ali, M. F. Qayyum, Y. S. Ok, M. Adrees, M. Ibrahim, M. Zia-ur-Rehman, M. Farid, & F. Abbas, (2017). Effect Of Metal and Metal Oxide Nanoparticles on Growth and Physiology of Globally Important Food Crops: a Critical Review. *Journal of Hazardous Materials*, 322, 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.05.061>

Martínez-Valverde, I., M. J. Periago, & G. Provan, 2022. *Nutritional and Health-Promoting Properties of Tomato and its Derivatives: A review*. *Antioxidants*, 11(4), 706. <https://doi.org/10.3390/antiox11040706>

Nazari, D., A. Prihatini, R. Rusdiansyah, M. Siregar, A. Puja, and A. Rahmi, 2020. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum*. Mill.) Pada Pemberian Pupuk Zn dan Jarak Tanam yang Berbeda. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 45(3), pp.241-253.

NCBI Taxonomy. 2020. *Solanum lycopersicum* Taxonomy Browser. NCBI.

- Nurhidayati and S. Muslikah. 2022. Application of Nano-Vermicompost Improves NPK Nutrient Uptake, Chlorophyll Content and Yield of Caisim Mustard. Proceeding of International Conference in Multidisciplinary Sciences for Humanity in The Society 5.0 Era. Universitas Islam Malang. eISSN 3021-7245. 2 (2022):163-171.
- Nurrasmiansih, N. (2016). Dekomposisi Limbah Daun Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) dengan Bioaktivator EM4 dan Mikroorganisme Lokal (MOL) Limbah Sayur. 1–23.
- Nyoman, D. 2016. Uji efektivitas teknik ekstraksi dan dry heat treatment terhadap kesehatan bibit tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). Jurnal Agroteknologi, 5 (1): 2301 – 6515.
- OECD. 2016. *Biology of Tomato (Solanum lycopersicum L.)*. OECD Environment, Health and Safety Publications, Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology No. 72. <https://doi.org/10.1787/9789264256456-en>
- Pendias, A. K. 2011. Trace Elements in Soil and Plant (fourth edition). CRC Press, New York.
- Pérez-Piqueres, A., V. Edel-Hermann, C. Alabouvette, and C. Steinberg, 2006. Response of Soil Microbial Communities to Compost Amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(3), pp.460-470.
- Rachman, M. S. (2021). *SKRIPSI: Karakterisasi Kultivar Tanaman Tomat Introduksi Jepang dan Tomat Nasional* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Lampung).
- Raliya, R. and J.C. Tarafdar, 2013. ZnO Nanoparticle Biosynthesis and Its Effect on Phosphorous-Mobilizing Enzyme Secretion and Gum Contents in Cluster Bean (*Cyamopsistetragonoloba* L.). *Agic.* 2(1):48-57. <https://doi.org/10.1007/s40003-012-0049-z>
- Raliya, R., R. Nair, S. Chavalmane, W. N. Wang, & P. Biswas, (2015). Mechanistic Evaluation of Translocation and Physiological Impact of Titanium Dioxide and Zinc Oxide Nanoparticles on The Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Plant. *Metallomics*, 7(12), 1584–1594. <https://doi.org/10.1039/c5mt00168d>
- 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 The Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Plant. *Metallomics*, 7(12), 1584–1594. <https://doi.org/10.1039/C5MT00168D>

- Risnawati, R. Susanti, M. Yusuf, Hadi, I., & Alqamari, M. (2023). Pengaruh Pupuk Organik Cair Limbah Kulit Pisang dan Bokashi Jerami Padi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat. *Jurnal Pertanian Agros*, 25(3), 2551–2555.
- Rizwan, M., Ali, S., Qayyum, M. F., Ok, Y. S., Adrees, M., Ibrahim, M., ... & Abbas, F. (2017). Effect of metal and metal oxide nanoparticles on growth and physiology of globally important food crops: A critical review. *Journal of hazardous materials*, 322, 2-16.
- Rizwan, M., *et al.* 2019. ZnO Nanoparticles Mediate Physiological and Biochemical Improvements in Tomat Under Stress. *PloS One*, 14(10), e0222397.
- Rusly, M., & D. Y. Rahman, 2023. Perkembangan Penerapan Nanoteknologi pada Bidang Pertanian. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (Jupiter)*, 4(2), 10-14.
- Sadeghzadeh, B. 2013. A Review of Zinc Nutrition and Plant Breeding. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 13: 905-927
- Sari, W., & L. Lusmaniar. 2023. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Cair terhadap Komponen Hasil dan Hasil Dua Varietas Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Jurnal Ilmu Pertanian Agonitas*.5(1): 331–339.
- Seleiman, M. F., W. A. Al-Selwey, A. A. Ibrahim, M. Shady, & A. A. Alsadon, 2023. Foliar applications of ZnO and SiO₂ Nanoparticles Mitigate Water Deficit and Enhance Potato Yield and Quality Traits. *Agonomy*, 13(2), 466.
- Setiawan, R. 2019. Pengaruh Serbuk Cangkang Telur Ayam Dan Pupuk NPK 16: 16: 16 Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat (*Lycopersicum Esculentum* Mill.) (*Doctoral dissertation*, Universitas Islam Riau).
- Siddiqui, M. H, and M. H. Al-Whaibi, 2014. Role of Nano-SiO₂ Ingermination of Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mil.). *Saudi Jounal of Biological Sciences*, 21(1),13-17
- Simangunsong EM, Riniarti, M Duryat. 2016. Upaya Perbaikan Pertumbuhan Bibit Merbau darat (*Intsia palembanica*) dengan Naungan dan Pemupukan. *Jurnal Sylva Lestari* Vol.4. No.1.
- Simpson, M. G., 2010. *Plant Systematics*, Elsevier, Burlington, USA. Inc
- Sunar, S., T. R. Gustina, and N. Nikmah, 2021. Respon Pertumbuhan, Produksi dan Kandungan Seng (Zn) tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) terhadap Teknik Pemberian dan Dosis Pupuk Zink Sulfat. *Agisia: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 14(1).

- Suraniningsih. 2019. Mari Berkebun Tomat. Loka Aksara. Tangerang.
- Susilo, D. E. H. (2015). Identifikasi Nilai Konstanta Bentuk Daun untuk Pengukuran Luas Daun, Metode Panjang Kali Lebar pada Tanaman Hortikultura di Tanah Gambut. *Anterior Jurnal*, 14(2), 139-146.
- Syahrul, M. R., N. Nurhidayati, & S. Muslikah, 2025. Pengaruh Penambahan Nanopartikel Zno Dan Sio₂ Terhadap Hasil dan Kualitas Buah Tomat (*Solanum lycopersicum esculentum.*). *Agronisma*, 12 (2).
- Syukur, M., H.E. Saputra, R. Hermanto. 2015. Bertanam Tomat di Musim Hujan. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Tim Mitra Ago Sejati. 2017. Budidaya Tomat. CV. Pustaka Bengawan. Jawa Tengah.
- Trivana, L., & Pradhana, A. Y. (2017). Optimalisasi Waktu Pengomposan dan Kualitas Pupuk Kandang dari Kotoran Kambing dan Debu Sabut Kelapa dengan Bioaktivator Promi Dan Orgadec. *Jurnal Sain Veteriner*, 35(1), 136-144.
- Usman, M., M. Farooq, A. Wakeel, A. Nawaz, S. A. Cheema, H. U. Rehman, I. Ashraf, dan M. Sanaullah. 2020. Nanotechnology in Agriculture: Current Status, Challenges and Future Opportunities. *Science of the Total Environment* 721, 137778.
- Wang, D., Li, S., Sun, X., Hao, D., Li, Y., & Wang, H. (2024). Effects of compost application of green waste on soil properties: A meta-analysis. *Sustainability*, 16(20), 8877.
- Wang, L., C. Ning, T. Pan, & K. Cai, 2022. Role of *Silica Nanoparticles in Abiotic and Biotic Stress Tolerance in Plants: a Review*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 1947.
- Widjajanto, D., A. Rahman, & R. Zainuddin, 2021. Pengaruh pemberian Kompos terhadap Kapasitas Air Tanah Tersedia dan Pertumbuhan Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) pada Tanah Lempung Berpasir. *Agrotekbis: Jurnal Ilmu Pertanian (e-journal)*, 9(2), 267-275.
- Yanuar, F., dan M. Widawati. 2014. Pemanfaatan Nanoteknologi dalam Pengembangan Pupuk dan Pestisida Organik. *Jurnal Litbang Kesehatan*, 2(1):1-10.