

Application of pH and TDS Sensors in NFT Hydroponic Systems to Increase the Growth Quantity of Pakcoy (*Brassica rapa* L.)

Lastri Pertiwi¹, Resti Fevria^{1,2*}, Vauzia¹, Azwir Anhar¹

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

Article History

Received : September 16th, 2025

Revised : October 23th, 2025

Accepted : November 02th, 2025

*Corresponding Author:

Resti Fevria,

Program Studi Biologi dan Agroteknologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

Email:

restifevria@fmipa.unp.ac.id

Abstract: Pakcoy is a type of vegetable widely used as a staple food or as a complementary dish; however, its production in Indonesia tends to be unstable. This study aimed to improve the growth of pakcoy using an NFT hydroponic system equipped with IoT-based pH and TDS sensors. The research was conducted at Alfi Hydroponik Padang and the Biology Department Laboratory, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, from June to September 2025, using a completely randomized design with 2 treatments, each consisting of 9 replications. The data were analyzed using an independent t-test in SPSS at a 5% significance level. The results showed that the use of sensors was significantly more effective than manual methods, with average plant height of 25.889 cm, 19.44 leaves, leaf area of 503.117 cm², fresh weight of 89.224 g, and dry weight of 48.474 g. These results indicate that the application of IoT-based pH and TDS sensors can enhance the growth of pakcoy in a hydroponic system.

Keywords: Hydroponic, IoT, Pakcoy, Sensor pH and TDS.

Pendahuluan

Salah satu sayuran terpopuler di Indonesia adalah pakcoy (*Brassica rapa* L.). Pakcoy merupakan produk hortikultura yang umum ditanam petani dan merupakan anggota genus *Brassica*, yang terkadang dikenal sebagai sawi hijau. Daun pakcoy dapat digunakan sebagai pelengkap atau sebagai bahan utama dalam berbagai hidangan (Vivonda dan Yoseva, 2016). Produksi pakcoy Indonesia bervariasi, mencapai 727.467 ton pada tahun 2021, meningkat menjadi 760.608 ton pada tahun 2022, dan kemudian turun menjadi 686.876 ton pada tahun 2023, menurut Badan Pusat Statistik (BPS) (2024). Hal ini menunjukkan bahwa produksi pakcoy tidak stabil dari tahun ke tahun.

Penggunaan teknologi pertanian kontemporer, budidaya hidroponik yang dilakukan tanpa menggunakan tanah menawarkan beberapa manfaat, seperti penggunaan sepanjang tahun tanpa bergantung

musim, penggunaan pupuk yang efektif, kemudahan perawatan, dan ketahanan terhadap kontaminasi pestisida. Selain itu, hidroponik menghasilkan barang dengan nilai pasar yang tinggi dan membutuhkan lebih sedikit tenaga kerja (Fevria, 2021). Salah satu teknik hidroponik yang sering digunakan adalah *Nutrient Film Technique* (NFT). Pada metode NFT (*Nutrient Film Technique*), akar tanaman berada dalam lapisan tipis larutan nutrisi yang mengalir secara terus-menerus, sehingga kebutuhan tanaman akan nutrisi, air, dan oksigen terpenuhi secara optimal untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Agustin *et al.*, 2024).

Salah satu cara penting pupuk hidroponik meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah dengan menggunakan larutan AB mix yang banyak digunakan (Suarsana *et al.*, 2019). Pupuk kimia sintetis mengandung larutan AB mix, dan penggunaan AB mix dalam jangka panjang dapat mencemari lingkungan (Mansyur *et al.*, 2021). Oleh karena itu, dengan

memanfaatkan pupuk organik cair (POC) sebagai suplemen nutrisi secara maksimal, upaya harus dilakukan untuk mengurangi ketergantungan pada larutan AB mix (Masluki *et al.*, 2015). Karena kaya akan nutrisi seperti N, P, K, Ca, dan Mg, daun gamal (*Gliricidia sepium* Jacq) merupakan salah satu bahan POC yang memungkinkan (Novriani *et al.*, 2019). Dengan mereduksi partikel nutrisi ke skala nano, teknologi nanobubble dapat meningkatkan efikasinya (Razak, 2021).

Penelitian Tazri *et al.*, (2025) menunjukkan bahwa kombinasi 50% AB mix dan 50% POC daun gamal berbasis nanobubble menghasilkan pertumbuhan pakcoy terbaik. Kombinasi ini menyeimbangkan nutrisi makro, sementara teknologi nanobubble meningkatkan oksigenasi akar, sehingga penyerapan hara dan pertumbuhan tanaman lebih optimal. Namun, dalam penelitian tersebut pemantauan dan pengaturan nutrisi hidroponik masih dilakukan secara manual. Pupuk organik cair berbasis nanoteknologi mampu meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman hingga mencapai 65–70%, karena partikel berukuran nano memiliki pergerakan yang lebih bebas dan terkendali dalam media tanam (Fevria *et al.*, 2023). Dengan demikian, penggunaan nanoteknologi pada POC daun gamal dapat mempercepat proses penyerapan nutrisi dan meningkatkan pertumbuhan tanaman hidroponik.

Efisiensi penyerapan hara oleh tanaman dapat ditingkatkan dengan menggunakan sensor berbasis Internet of Things (IoT) dalam sistem hidroponik untuk memungkinkan pemantauan dan modifikasi nutrisi secara otonom (Oktaviani *et al.*, 2025). Studi ini juga menunjukkan bahwa petani dapat mengatur distribusi hara dari jarak jauh menggunakan teknologi IoT, sehingga menghilangkan kebutuhan akan pembacaan manual seperti yang dilakukan menggunakan pH meter atau TDS meter. Sistem hidroponik lebih akurat, menghemat waktu, dan menjaga stabilitas larutan hara yang dibutuhkan tanaman berkat otomatisasi ini (Sania *et al.*, 2025).

Pemantauan dan pengendalian jarak jauh, penggunaan sensor pH dan TDS yang dipadukan dengan IoT dapat membantu petani mengurangi tenaga kerja dan menjamin kondisi nutrisi terbaik untuk pertumbuhan tanaman di era digital saat ini (Rivana dkk., 2023). Dengan

demikian, hal ini diyakini akan memberikan pemilik sistem hidroponik cara untuk memantau kesehatan tanaman mereka dan melakukan perawatan secara otomatis (Dewa & Somawirata, 2020). Berdasarkan hal tersebut Penerapan POC (Pupuk Organik Cair) Daun Gamal (*Gliricidia sepium* Jacq.) Teknologi Nano Dengan Sensor pH dan TDS Dalam Sistem Hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) Untuk Meningkatkan Kuantitas Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.)

Metode penelitian

Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni – September 2025 di Alfi Hiroponik Padang dan Laboratorium Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Metode penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 perlakuan, yaitu budidaya Pakcoy dengan menggunakan sensor pH dan TDS dan tanpa menggunakan sensor pH dan TDS. Masing-masing perlakuan terdiri dari 9 ulangan tanaman pakcoy.

P1 : Dengan sensor, 50% AB mix + 50% POC

P2 : Tanpa sensor, 50 AB MIX + 50% POC

Alat dan bahan

Sistem NFT (Nutrient film Technique), yang dilengkapi dengan sensor pH dan TDS berbasis IoT untuk memantau dan mengendalikan nutrisi tanaman. net pot, lidi, baki, TDS meter, pH meter, DO meter penggaris, gunting, oven, alat tulis, kamera, kertas label, timbangan digital, kertas HVS, kertas koran. Bahan penelitian ini adalah nutrisi hidroponik AB mix, larutan POC daun gamal, benih tanaman Pakcoy, rockwool, dan air.

Parameter pengukuran

1. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang hingga ujung daun tertinggi menggunakan penggaris. Hingga 5 mst (minggu setelah tanam), tinggi tanaman dicatat setiap 7 hari sekali.
2. Jumlah daun dihitung setiap 7 hari sekali setelah 5 mst.

3. 5 mst, luas setiap daun, selain dua daun pertama yang tumbuh saat perkecambahan diukur menggunakan metode penimbangan menggunakan rumus. Rumus untuk menghitung luas daun menggunakan pendekatan gravimetri adalah sebagai berikut: Selama periode perkecambahan, semua daun tanaman diamati, kecuali dua daun primer. $LD = BD \times LK/BK$ adalah rumusnya, dengan BD adalah berat daun, LK adalah luas kertas, dan BK adalah berat kertas. Selama penelitian, metode ini menghasilkan estimasi luas daun total yang akurat.
4. 5 mst, berat basah tanaman ditentukan dengan menimbang semua komponen tanaman, termasuk akar, batang, dan daun.
5. Penimbangan setiap komponen tanaman, termasuk akar, batang, dan daun, memungkinkan kami menentukan berat kering. Penimbangan dilakukan selama lima minggu pada suhu 60°C selama 48 jam dalam oven hingga beratnya tetap konsisten.

Teknik analisis data

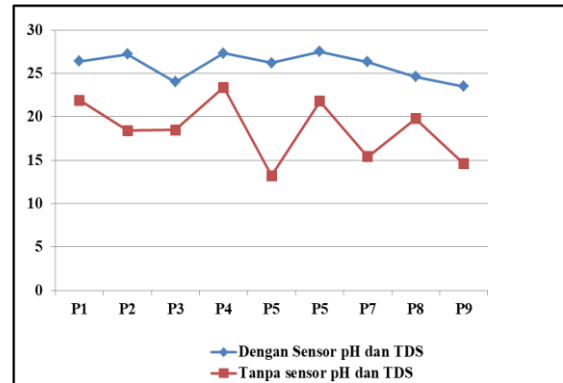
Data hasil pengamatan yang diperoleh dianalisis dengan uji-t tidak berpasangan (*Independent t-test*) menggunakan aplikasi SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) dengan taraf nyata 5%.

Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini terkait dengan budidaya tanaman pakcoy dengan sistem hidroponik menggunakan alat sensor pH dengan sensor TDS dan secara konvensional.

Tinggi Tanaman(cm)

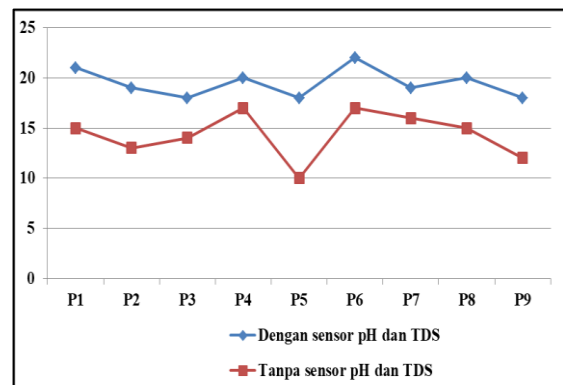
Perbedaan rata-rata tinggi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L) dengan sensor pH dan TDS dan secara konvensional. Dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik tinggi tanaman pakcoy

Jumlah Daun

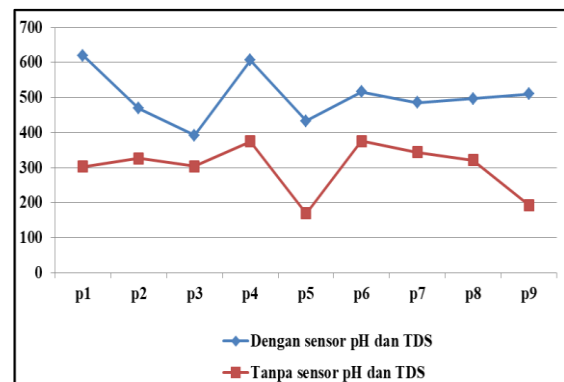
Perbedaan rata-rata jumlah daun tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L) dengan sensor pH dan TDS dan secara konvensional. Dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik jumlah daun tanaman pakcoy

Luas Daun

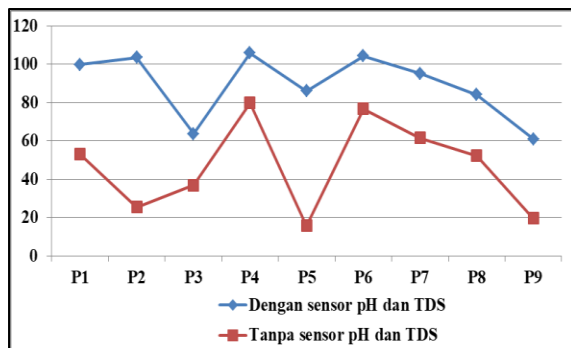
Perbedaan rata-rata luas daun tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L) dengan sensor pH dan TDS dan s



Gambar 3. Grafik luas daun tanaman pakcoy

Berat Basah

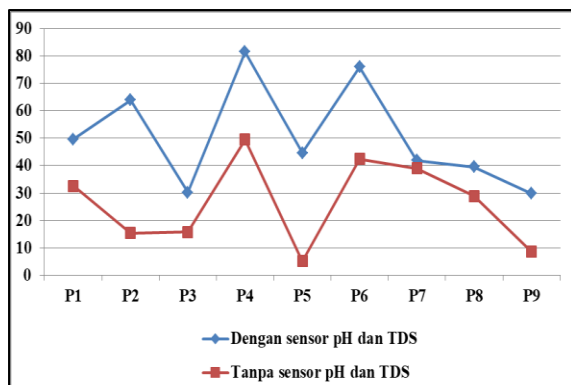
Perbedaan rata-rata berat basah tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L) dengan sensor pH dan TDS dan secara konvensional. Dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik berat basah tanaman pakcoy

Berat kering

Perbedaan rata-rata berat kering tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L) dengan sensor pH dan TDS dan secara konvensional. Dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik berat kering tanaman pakcoy

Pembahasan

Tinggi tanaman

Parameter penting untuk mengevaluasi pertumbuhan vertikal adalah tinggi tanaman. $T(5,709) > T(2,1199)$, menurut data dari pengukuran tinggi tanaman bok choy (*Brassica rapa* L.) yang diuji dengan uji-t tak berpasangan. Akibatnya, H_1 diterima sementara H_0 ditolak. Pengujian tambahan dilakukan dengan SPSS. Hasil uji SPSS menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam pertumbuhan tanaman menggunakan sensor pH dan TDS dan metode tradisional ($P = 0,001 < 0,05$).

Kontrol yang lebih permanen atas kondisi larutan dimungkinkan dengan penggunaan sensor pH dan TDS, terutama dalam hal menjaga pH dan total padatan terlarut (TDS), dua elemen penting dalam penyerapan nutrisi tanaman. Selain itu, menurut Rambe (2013), ketersediaan nutrisi sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena kandungan nutrisi mendorong fotosintesis dan aspek lain dari metabolisme tanaman, yang mengarah pada produksi fotosintat yang tinggi yang dapat diangkut ke seluruh tanaman. gunakan instrumen penginderaan ini.

Sensor TDS digunakan untuk mengukur jumlah nutrisi terlarut dalam larutan hidroponik guna memastikan konsentrasi nutrisi memenuhi kebutuhan tanaman (Pamungkas dkk., 2021). Sementara itu, sensor pH memantau keasaman atau alkalinitas larutan dalam rentang 0–14, dengan pH 7 sebagai netral (Dewa & Somawirata, 2020). Pengaturan pH dan TDS yang tepat sangat penting untuk mengoptimalkan penyerapan nutrisi tanaman, karena ketidakseimbangan pH dapat memicu defisiensi atau toksisitas bahkan ketika konsentrasi TDS berada dalam rentang ideal. Nilai pH juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti suhu air dan dekomposisi bahan organik, yang dapat memicu fluktuasi pH (Nugroho *et al.*, 2019). Dengan TDS dan sensor pH, kondisi larutan nutrisi dapat dikontrol lebih stabil dibandingkan pengaturan manual yang cenderung berfluktuasi, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal.

Sejalan dengan penelitian sebelumnya, Oktavia *et al.*, (2025) menyatakan bahwa otomatisasi sistem hidroponik berbasis sensor dapat menggantikan metode manual yang dianggap kurang efisien dan membutuhkan lebih banyak waktu dan tenaga. Teknologi ini juga dapat diintegrasikan dengan sensor pH dan TDS, yang berfungsi menjaga stabilitas nutrisi dan kualitas larutan, sehingga mendukung konsep pertanian cerdas yang efisien dan ramah lingkungan.

Jumlah daun

Data hasil pengukuran jumlah daun tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L) yang telah di analisis menggunakan uji-t tidak berpasangan memiliki $T_{hitung}(5,589) > T_{tabel}(2,1199)$

Akibatnya, H1 diterima sementara Ho ditolak. Pengujian lebih lanjut dilakukan dengan SPSS. Terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah daun tanaman bok choy yang menggunakan sensor pH dan TDS dengan metode tradisional, berdasarkan uji SPSS, dengan nilai $P = 0,001 < 0,05$.

Jumlah daun yang banyak meningkatkan aktivitas fotosintesis, yang meningkatkan jumlah nutrisi yang tersedia untuk pertumbuhan tanaman. Karena kondisi pertumbuhan yang ideal mendorong pembentukan daun, yang penting untuk fotosintesis dan perkembangan tanaman, tanaman yang lebih tinggi biasanya menghasilkan lebih banyak daun (Suleman *et al.*, 2019). Pemantauan dan pengaturan kadar nutrisi serta keasaman larutan nutrisi secara otomatis dan real-time dimungkinkan berkat penggunaan sensor pH dan TDS dalam sistem hidroponik (Setiawan *et al.*, 2018).

Dibandingkan dengan manajemen manual, hal ini membantu menjaga kondisi ideal pertumbuhan bok choy, yang menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak. Hal ini konsisten dengan penelitian sebelumnya (Oktavia *et al.*, 2024). Penggunaan peralatan ini telah terbukti meningkatkan efisiensi perkembangan tanaman secara signifikan. Hal ini dimungkinkan berkat sistem yang mendistribusikan nutrisi secara lebih merata dan tepat ke seluruh tanaman.

Luas daun

Klorofil ditemukan di daun, yang merupakan organ utama tumbuhan yang esensial untuk fotosintesis. Untuk mengubah zat kimia anorganik menjadi organik dalam bentuk asimilat yang digunakan sebagai sumber energi bagi pertumbuhan tumbuhan pigmen klorofil secara langsung berkontribusi pada penyerapan radiasi matahari (Vauzia *et al.*, 2019). Hasil pengukuran luas daun bok choy (*Brassica rapa* L.) yang diuji dengan uji-t tak berpasangan $T_{hitung} (5,831) > T_{tabel} (2,119)$. Akibatnya, H1 diterima sementara Ho ditolak. Pengujian tambahan dilakukan dengan SPSS. Hasil uji SPSS menunjukkan perbedaan yang signifikan pada luas daun tanaman bok choy menggunakan sensor pH dan TDS serta metode tradisional ($P = 0,001 < 0,05$).

Ketersediaan nutrisi penting yang dapat diserap akar memiliki dampak signifikan

terhadap pertumbuhan luas daun tanaman. Dalam sistem hidroponik, tanaman membutuhkan tujuh mikronutrien (besi (Fe), klorin (Cl), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), boron (B), dan molibdenum (Mo) selain enam makronutrien (nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S) yang semuanya esensial untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Aprilia *et al.*, 2022).

Kekurangan nitrogen dapat menghambat pertumbuhan vegetatif bok choy, terutama dalam hal luas daun. Produksi protoplasma, asam amino, dan klorofil yang semuanya berdampak pada fotosintesis membutuhkan nitrogen. Pertumbuhan batang, akar, dan daun akan terhambat jika fotosintesis tidak optimal (Purba *et al.*, 2021). Ketersediaan nutrisi dalam larutan dapat dikelola dan diatur secara efektif dengan bantuan sensor pH dan TDS, memastikan bahwa kebutuhan nutrisi tanaman terpenuhi dengan baik untuk mendorong pertumbuhan yang lebih baik.

Berat Basah

Bobot basah tanaman pakcoy menunjukkan hasil yang signifikan antara berbagai perlakuan yang menggunakan alat sensor pH dan tds dan secara konvensional dalam penelitian ini. analisis menggunakan uji-t tidak berpasangan memiliki $T_{hitung} (4,358) > T_{tabel} (2,119)$ maka Ho di tolak dan H1 di terima sehingga di lakukan uji lanjut pada menggunakan SPSS. Hasil dari uji SPSS didapatkan bahwa $P=0.001 < 0.05$, yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara berat basah tanaman pakcoy yang menggunakan alat sensor pH dan TDS dan secara konvensional.

Berat basah tanaman mencerminkan akumulasi hasil fotosintesis berupa biomassa dan kandungan air. Nilai berat basah yang tinggi menunjukkan metabolisme berjalan baik, sedangkan berat basah rendah mengindikasikan adanya gangguan metabolisme (Anzila & Asngad, 2022). Fotosintesis sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Kandungan klorofil yang tinggi mendukung fotosintesis optimal, sedangkan kandungan klorofil rendah dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Fevria *et al.*, 2023).

Berat kering

Berat kering adalah berat sebenarnya tanaman setelah semua kandungan air dihilangkan, yang mewakili total produk akhir dari proses metabolisme tanaman (Wahyuningsih *et al.*, 2016). Dengan menggunakan sensor pH dan TDS serta teknik tradisional, berat kering tanaman bok choy dalam penelitian ini menunjukkan variasi yang signifikan di antara berbagai perlakuan. $T_{hitung} (2,502) > T_{tabel} (2,119)$, menurut uji-t tidak berpasangan yang digunakan dalam analisis. Akibatnya, H_1 diterima sementara H_0 ditolak. Pengujian tambahan dilakukan dengan SPSS. Hasil uji SPSS menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam berat kering tanaman bok choy menggunakan sensor pH dan TDS dan metode tradisional ($P = 0,024 < 0,05$).

Biomassa yang dihasilkan oleh fotosintesis tercermin dalam berat kering tanaman. Pertumbuhan optimal mempercepat fotosintesis, yang meningkatkan berat kering karena penumpukan molekul organik seperti protein dan karbohidrat (Sari *et al.*, 2020). Perkembangan akar dan fotosintesis ditingkatkan melalui penyerapan nutrisi yang optimal (Anhar *et al.*, 2017). Hasil penelitian Tazri *et al.*, (2025) menemukan 50% POC daun gamal dan 50% ABmix dengan teknologi nanobubble menghasilkan hasil terbaik pada bok choy. Hal ini disebabkan oleh keseimbangan makronutrien dan peningkatan oksigenasi akar yang mempercepat penyerapan nutrisi.

Sistem hidroponik, pasokan nutrisi otomatis dapat memaksimalkan perkembangan tanaman. Pembelahan, pembesaran, dan pemanjangan sel yang lebih cepat akan didukung oleh distribusi nutrisi yang disesuaikan dengan kebutuhan fisiologis tanaman, sehingga memungkinkan pertumbuhan organ tanaman sebaik mungkin. Selain itu, karena pertanian sayuran organik menggunakan sumber daya alam dan pupuk organik yang lebih berkelanjutan, sistem ini dianggap ramah lingkungan (Fevria *et al.*, 2021).

Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan sensor pH dan TDS berbasis IoT pada sistem hidroponik mampu memberikan peningkatan signifikan terhadap pertumbuhan

pakcoy (*Brassica rapa* L.) dibandingkan dengan metode manual. Peningkatan tersebut tercermin pada parameter pertumbuhan, seperti tinggi tanaman, luas daun, berat basah, dan berat kering yang lebih baik pada sistem otomatis. Teknologi IoT memungkinkan pengaturan pemberian nutrisi secara real-time dan sesuai kebutuhan, sehingga efisiensi dalam budidaya hidroponik dapat tercapai. Selain itu, penerapan otomatisasi ini berkontribusi terhadap keberlanjutan sektor pertanian dengan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual serta mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan IoT memiliki potensi besar dalam meningkatkan produktivitas sekaligus mendukung praktik pertanian modern yang berfokus pada efisiensi dan keberlanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Resti Fevria, S.TP., MP atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini. Tak lupa, penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh kontributor penelitian.

Referensi

- Agustin, L. A., Priyati, A., & Setiawati, D. A., (2024). Pengaruh Waktu Pengairan Nutrisi Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Dengan Sistem Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique). *J-AGENT (Journal of Agricultural Engineering and Technology)*, 2(2), 142-150. <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent/article/view/3110>
- Anhar, A., Advinda, L., & Hariati, D. (2017). Peningkatan Hasil Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Dengan Penambahan Pupuk Organik Cair Tunica. *SEMIRATA 2017 Bidang Mipa*, 5(3), 2254–2560. <https://share.google/NqoivAJjUl6G1rhXZ>
- Anzila, S. M., & Asngad, A. (2022). Efektivitas kombinasi poc bonggol pisang dan daun kelor terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan metode

- hidroponik. Bio-Lectura: *Jurnal Pendidikan Biologi*, 9(2), 168-178. <https://doi.org/10.31849/bl.v9i2.10754>
- Aprilia, D. S., Fevria, R., Vauzia, A., Advinda, L. (2022). The Effect Of Ecoenzyme Spraying On The Number Of Leaves Of Spinach (*Amaranthus hybridus* L.) Cultivated Hydroponically. *Serambi biologi*, 7(3):235-238.
- Badan Pusat Statistik. 2024. Jumlah Konsumsi dan Produksi Bayam. Bidang Pertanian Hortikultura. Jakarta: BPS – Statistics Indonesia. Badan Pusat Statistik. bps.go.id
- Fevria, R., dkk. 2021. Comparison of Nutritional Content of Spinach (*Amaranthus gangeticus* L.) Cultivated Hydroponically and Non-Hydroponically. Eksakta: *Ilmiah Bidang MIPA (E-ISSN: 2549-7464)*. 22(1), 46-53.
- Fevria, R., Aliciafarma, S., Vauzia, A., & Edwin. (2021). Comparison of Nutritional Content of Water Spinach (*Ipomoea aquatica*) Cultivated Hydroponically and Non-Hydroponically. *Journal of Physics: Conference Series*, 1940(1), 012049. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1940/1/012049>
- Fevria, R., Vauzia, A., Farma, S. A., & Edwin, E. (2023, May). The Effect of Eco-Enzyme Spraying on Chlorophyll Content of Hydroponic Spinach (*Amaranthus* sp.). In *3rd International Conference on Biology, Science and Education (IcoBioSE 2021)* (pp. 127-132). Atlantis Press. DOI: 10.2991/978-94-6463-166-1_19
- Fevria, R., Razak, A., Heldi, N. S., Kamal, E., & Edwin. (2023). Application of Nanotechnology Liquid Organic Fertilizer in Sustainable Hydroponic Cultivation for Urban Food Security. *Science & Technology Asia*, 28(4), 295–304. doi:10.14456/scitechasia.2023.89
- Mansyur, N. I., Pudjiwati, E. H., & Murtalaksana, A. (2021). *Pupuk dan pemupukan*. Syiah Kuala University Press.
- Masluhi, Naim, M., & Mutmainnah. 2015. Pemanfaatan pupuk organik cair (POC) pada lahan sawah melalui sistem mina padi. *Prosiding Seminar Nasional*. 2(1): 866-896.
- Nugroho, M. A., & Rivai, M. (2019). Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar Amonia untuk Budidaya Ikan yang Diimplementasi pada Raspberry Pi 3B. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), A374-A379.
- Novriani, Dora Fatma Nurshanti, Ardi Asroh, Al asri. 2019. Pemanfaatan Daun Gamal Sebagai Pupuk Organik Cair Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Baturaja*. <https://doi.org/10.32502/jk.v14i1.1843>
- Oktavia, P., Putri, U. D., Donza, F. F., & Fevria, R. (2024, November). Pengaruh Konsentrasi Nutrisi AB Mix terhadap Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, dan Hasil Panen Selada (*Lactuca sativa* L.) dengan menggunakan Sistem Sumbu. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 4, No. 1, pp. 595-602).
- Oktaviani, M., Fevria, R., Vauzia, A., & Razak, A. (2025). The Effect of NPK Based Sensors on Hydroponic Growth of Caisim Plants (*Brassica Chinensis* var. *Parachinensis*). *Jurnal Biologi Tropis*, 25(2), 1426–1432. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i2.8837>
- Oktavia, P., Fevria, R., Vauzia, A., Razak, A., & Yulkifli. (2025). Effect of Sensor and Based NPK on The Growth of Red Spinach (*Amaranthus tricolor* L.) Cultivated Hydroponic. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(1), 750–756. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i1.8328>
- Purba, T., Ningsih, H., Purwaningsih, P., Junaedi, A. S., Gunawan, B., Junairiah, J., ... & Arsi, A. (2021). *Tanah dan nutrisi tanaman*. Yayasan Kita Menulis. <https://share.google/V6udRp8wzKvmn7gcS>
- Razak, A. (2021). *Ekonanobioteknologi: Konsep pendekatan pengembangan bidang kajian zoologi dan ekologi hewan*. Padang: Universitas Negeri Padang Repository.
- Rambe, M. Y. (2013). Penggunaan Pupuk Kandang Ayam dan Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) di Media Gambut. *Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru*.
- Rivana, R. R., Made, M. R., & Jaenudin, J. (2023). Sistem Monitoring Nutrisi dan PH

- Air pada Tanaman Hidroponik Berbasis Internet Of Things (IoT). *Jurnal Elektronika Otomasi Industri*, 10(3).
- Setiawan, H. 2017. *Kiat Sukses Budidaya Cabai Hidroponik*. Yogyakarta: Bio Genesis
- Sania, H., Fevria, R., Vauzia, A., & Razak, A. (2025). Effect of Sensor and Based NPK on the Growth of Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Cultivation Hydroponic. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(1), 807–813. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i1.8514>
- Suarsana, M., Parmila, P.I., & Gunawan, A. K. (2019). Pengaruh Konsentrasi Nutrisi AB Mix Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Dengan Hidroponik Sistem Sumbu (Wick System). *Agricultural Journal*, 2(2), 98-105. DOI 10.37637/ab.v2i2.393.
- Suleman, R., Kandowangko, N. Y., Abdul, A. (2019). Karakterisasi Morfologi Dan Analisis Proksimat Jagung (*Zea Mays*, L.) Varietas Momala Gorontalo. *Jambura Edu Biosfer Journal*, 1(2);72-81.
- Tazri, M. I., Fevria, R., Vauzia, V., & Razak, A. (2025). Effect of Nanobubble Technology Gamal Leaf POC on Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Quality in Hydroponic. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(2), 1446-1451. DOI: 10.29303/jbt.v25i2.8829
- Vauzia, V., Fevria, R., & Wijaya, Y. T. (2019). Chlorophyll Content of Jabon Leaves (*Anthocephalus cadamba*[Roxb] Miq.) in the Sungai Nyalo, Pesisir Selatan and Lubuk Alung, Padang Pariaman. *Bioscience*, 3(2), 155. DOI:10.29133/yyutbd.1217359
- Vivonda, T., & Yoseva, S. (2016). *Optimalisasi Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Pakcoy (Brassicca Rapal) Melalui Aplikasi Beberapa Dosis Pupuk Bokashi* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Wahyuningsih, A., Fajriani, S., & Aini, N. (2016). The Nutrition and Growth Media Composition on the Growth and Yield of Pakcoy (*Brassica rapa* L) Using Hydroponics System. *Journal of Produksi Tanaman*, 4(8), 595-601.