

KONTROL FERTIGASI DAN IRIGASI TETES BERBASIS IOT (*Internet of Things*) BERTENAGA SURYA UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA PERTUMBUHAN TANAMAN SAWI PAKCOY (*Brassica rapa* L.)

CONTROL OF SOLAR POWERED IOT (Internet of Things) BASED FERTIGATION AND DRIP IRRIGATION TO IMPROVE GROWTH PERFORMANCE OF PAKCOY PLANTS (Brassica rapa L.)

Muhammad Syaifullah Yusup^{1*}, Siti Asmaniyah Mardiyani¹, dan Siti Muslikah¹

¹Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Malang
Jl. MT.Haryono No. 193 Malang 65144, Jawa Timur, Indonesia

*Korespondensi : muhammadsyaifullahyusup@gmail.com

Abstrak

Tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi, namun produktivitasnya di Indonesia masih berfluktuasi yang mengindikasikan belum optimalnya pengelolaan nutrisi dan air dalam sistem budidaya konvensional. Oleh karena itu, diperlukan sistem budidaya terkontrol melalui penerapan fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT yang terintegrasi dengan tenaga surya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan performa pertumbuhan tanaman sawi pakcoy pada penerapan sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT bertenaga surya dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan dua perlakuan, yaitu sistem budidaya berbasis IoT dan konvensional, masing-masing diulang tiga kali. Data dianalisis menggunakan uji t pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$). Hasil menunjukkan adanya perbedaan nyata antara sistem budidaya berbasis IoT dan konvensional pada parameter pertumbuhan tanaman, yang ditunjukkan oleh tinggi tanaman 21 HST sebesar 19,78 cm dibandingkan 14,25 cm. Jumlah daun pada 14 dan 21 HST pada sistem berbasis IoT masing-masing sebesar 7,93 dan 12,20 helai dibandingkan 6,03 dan 10,10 helai pada sistem konvensional. Luas daun pada 14 dan 21 HST pada sistem berbasis IoT masing-masing sebesar 179,06 dan 555,87 cm² dibandingkan 106,42 dan 397,81 cm² pada sistem konvensional. Namun demikian, kedua sistem tidak menunjukkan perbedaan nyata pada parameter akar, meliputi bobot segar akar, bobot kering akar, dan panjang akar.

Kata kunci : sawi pakcoy, fertigasi, irigasi tetes, IoT, sistem budidaya berbasis IoT

Abstract

Pakcoy mustard (Brassica rapa L.) is a horticultural commodity with high economic value; however, its productivity in Indonesia remains fluctuating, indicating suboptimal water and nutrient management in conventional cultivation systems. Therefore, a more controlled cultivation system is required through the implementation of Internet of Things (IoT)-based fertigation and drip irrigation integrated with solar energy. This study aims to analyze differences in the growth performance of pakcoy plants under a solar-powered IoT-based fertigation and drip irrigation control system compared with a conventional cultivation system. A simple Completely Randomized Design (CRD) with two treatments, namely IoT-based and conventional cultivation systems, each replicated three times, was applied. Data were analyzed using a t-test at a 5% significance level ($\alpha = 0,05$). The

results showed a significant difference between the IoT-based and conventional systems in plant growth parameters, as indicated by plant height at 21 days after planting (DAP) of 19.78 cm compared to 14.25 cm. The number of leaves at 14 and 21 DAP in the IoT-based system were 7.93 and 12.20 leaves, respectively, compared to 6.03 and 10.10 leaves in the conventional system. Leaf area at 14 and 21 DAP in the IoT-based system reached 179.06 and 555.87 cm², respectively, compared to 106.42 and 397.81 cm² in the conventional system. However, no significant differences were observed between the two systems in root parameters, including root fresh weight, root dry weight, and root length. **Keywords:** pakcoy mustard, fertigation, drip irrigation, IoT, IoT based cultivation system

I. PENDAHULUAN

Tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa L.*) merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi dengan umur panen relatif singkat, yaitu sekitar 25-30 hari setelah tanam. Tanaman ini banyak dikonsumsi karena kandungan nutrisinya, seperti vitamin C, kalsium, kalium, dan glukosinolat (Zou *et al.*, 2021). Namun, produksi sawi di Indonesia masih menunjukkan fluktuasi, dari 760.608 ton pada tahun 2022 menurun menjadi 686.876 ton pada tahun 2023 dan meningkat menjadi 688.595 ton pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik, 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem budidaya, khususnya pengelolaan nutrisi dan air, belum optimal dalam mendukung kestabilan produksi.

Pengelolaan nutrisi dan air berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman sawi pakcoy. Nutrisi seperti nitrogen, fosfor, dan kalium mendukung proses fisiologis tanaman, sedangkan ketersediaan air memengaruhi penyerapan nutrisi dan proses fotosintesis (Siregar *et al.*, 2023). Namun, praktik budidaya pakcoy masih banyak dilakukan secara konvensional melalui pemupukan dan irigasi manual, sehingga distribusi nutrisi dan air pada zona perakaran tanaman cenderung tidak merata (Akkamis & Caliskan, 2024). Sistem fertigasi dan irigasi tetes memungkinkan distribusi nutrisi dan air langsung ke zona perakaran tanaman (Singla *et al.*, 2023; Kaur *et al.*, 2023). Selain itu, integrasi teknologi IoT dan pemanfaatan energi surya mendukung pengendalian sistem yang lebih efisien dan berkelanjutan (Noerhayati *et al.*, 2023).

Penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT pada tanaman sawi pakcoy masih terbatas, dengan sebagian besar penelitian berfokus pada komoditas hortikultura lain atau sistem hidroponik. Kondisi ini menunjukkan perlunya penelitian mengenai penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT pada budidaya tanaman sawi pakcoy. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan performa

pertumbuhan tanaman sawi pakcoy pada penerapan sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT bertenaga surya dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional.

II. BAHAN DAN METODE

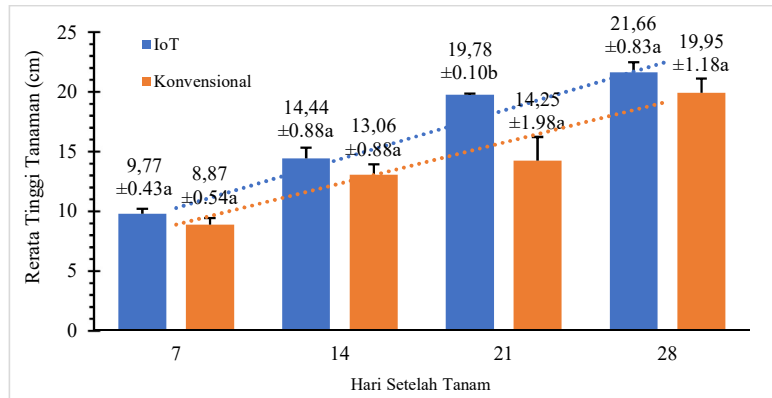
Penelitian ini dilaksanakan pada Oktober-November 2025 di Laboratorium Prototipe Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, Kota Malang, pada ketinggian sekitar 500 mdpl. Alat yang digunakan meliputi panel box kontrol, panel surya, *Maximum Power Point Tracking* (MPPT), baterai VRLA 12V 50Ah (2 unit), *Power Supply Unit* (PSU) 12V DC, mikrokontroler ESP32, modul komunikasi RS485, modul relay *multi-channel*, modul step-down LM2596, kontraktor/relay daya, MCB AC, MCB DC, *Surge Protective Device* (SPD) DC, terminal dan konektor listrik, sensor tanah 7 in 1 (N, P, K, pH, EC, suhu dan kelembaban tanah), sensor DHT22, sensor *water flow*, *solenoid valve* ½ inci (2 unit), pompa nutrisi dan air, tandon nutrisi dan air, selang PE, *emitter*, pipa paralon, *hotspot WiFi*, jaringan internet, *handphone*, gelas ukur, penggaris, timbangan digital, dan oven. Bahan yang digunakan meliputi bibit sawi pakcoy, pupuk NPK, air, kertas sampel, dan plastik.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan dua perlakuan, yaitu (IoT) sistem fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT bertenaga surya dan (konvensional) pemupukan dan irigasi manual. masing-masing perlakuan diulang tiga kali dengan setiap ulangan terdiri atas 30 tanaman sehingga total yang digunakan sebanyak 180 tanaman. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji t untuk mengetahui perbedaan antara kedua perlakuan. Variabel yang diamati meliputi pertumbuhan tanaman pakcoy. Data dianalisis menggunakan uji t pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1 Tinggi Tanaman

Hasil uji t menunjukkan bahwa perlakuan IoT dan konvensional berbeda nyata terhadap tinggi tanaman sawi pakcoy pada 21 HST. Tinggi tanaman pada kedua perlakuan meningkat seiring pertambahan umur. Rerata tinggi tanaman pada setiap waktu pengamatan disajikan pada Gambar 1.



Keterangan : huruf yang sama pada setiap waktu pengamatan menunjukkan tidak berbeda nyata antarperlakuan berdasarkan uji-t pada taraf 5%.

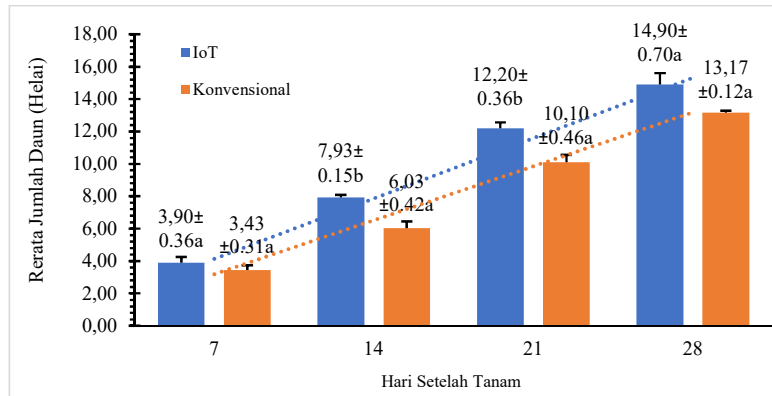
Gambar 1. Rerata tinggi pakcoy pada perlakuan IoT dan konvensional

Berdasarkan Gambar 1, perlakuan IoT menghasilkan rerata tinggi tanaman tertinggi ($19,78 \pm 0,10$ cm) dan berbeda nyata dibandingkan konvensional ($14,25 \pm 1,98$ cm) pada 21 HST. Pada waktu pengamatan lainnya, perlakuan IoT cenderung lebih tinggi, namun tidak menunjukkan perbedaan nyata.

Diduga hal ini terjadi karena pada umur 7 HST tanaman masih berada pada fase adaptasi setelah pindah tanam, sehingga respons terhadap perlakuan belum terlihat. Respons mulai muncul pada umur 14-21 HST seiring tanaman memasuki fase vegetatif aktif yang ditandai dengan peningkatan pemanjangan batang. Ningsih *et al.* (2025) pada pakcoy (*Brassica rapa* L.) melaporkan bahwa respons pertumbuhan belum terlihat pada 14 HST, namun mulai muncul pada 21 HST. Hasil ini diperkuat oleh Hidayah *et al.* (2020) pada sawi pagoda dengan sistem fertigasi yang menunjukkan bahwa tinggi tanaman meningkat selama fase vegetatif. Pada umur 28 HST, pertumbuhan melambat karena tanaman memasuki fase vegetatif akhir sehingga respons terhadap perlakuan berkurang.

III.2 Jumlah Daun

Hasil uji t menunjukkan bahwa perlakuan IoT dan konvensional berbeda nyata terhadap jumlah daun tanaman sawi pakcoy pada 14 dan 21 HST. Jumlah daun pada kedua perlakuan meningkat seiring pertambahan umur. Rerata jumlah daun pada setiap waktu pengamatan disajikan pada Gambar 2.



Keterangan : huruf yang sama pada setiap waktu pengamatan menunjukkan tidak berbeda nyata antarperlakuan berdasarkan uji-t pada taraf 5%.

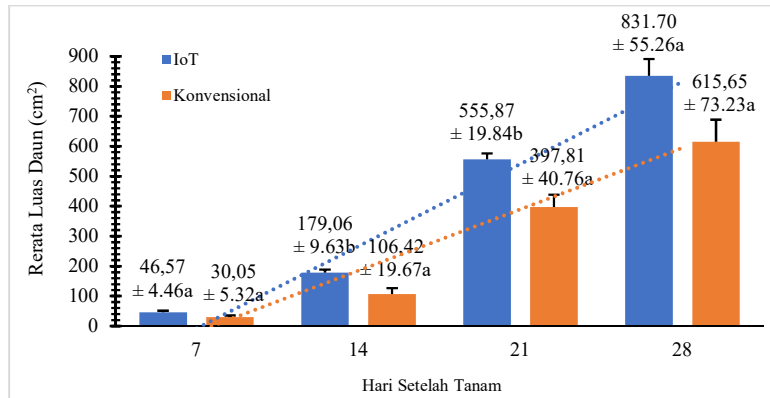
Gambar 2. Rerata jumlah daun pakcoy pada perlakuan IoT dan konvensional

Berdasarkan Gambar 2. perlakuan IoT menghasilkan rerata jumlah daun tertinggi pada 14 HST ($7,93 \pm 0,15$ helai) dan 21 HST ($12,20 \pm 0,36$ helai), serta berbeda nyata dibandingkan konvensional masing-masing ($6,03 \pm 0,42$ helai) dan ($10,10 \pm 0,46$ helai). Pada waktu pengamatan lainnya, perlakuan IoT cenderung lebih tinggi, namun tidak menunjukkan perbedaan nyata.

Diduga hal ini terjadi karena pada umur 7 HST tanaman masih berada pada fase adaptasi setelah pindah tanam, sehingga respons pembentukan daun terhadap perlakuan belum terlihat. Pareira (2025) pada tanaman pakcoy dengan sistem irigasi tetes juga melaporkan bahwa pengaturan irigasi belum berpengaruh terhadap jumlah daun pada fase awal pertumbuhan. Respons mulai muncul pada umur 14-21 HST seiring tanaman memasuki fase vegetatif aktif yang ditandai dengan pembentukan daun yang lebih cepat. Kapoor dan Sandal (2019) pada tanaman brokoli menunjukkan bahwa sistem fertigasi melalui irigasi tetes menghasilkan jumlah daun lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional, yang mengindikasikan bahwa ketersediaan nutrisi mendukung pembentukan daun pada fase vegetatif. Pada umur 28 HST, pembentukan daun melambat menjelang akhir fase vegetatif sehingga respons terhadap perlakuan berkurang.

III.3 Luas Daun

Hasil uji t menunjukkan bahwa perlakuan IoT dan konvensional berbeda nyata terhadap luas daun tanaman sawi pakcoy pada 14 dan 21 HST. Luas daun pada kedua perlakuan meningkat seiring pertambahan umur tanaman. Rerata luas daun pada setiap waktu pengamatan disajikan pada Gambar 16.



Keterangan : huruf yang sama pada setiap waktu pengamatan menunjukkan tidak berbeda nyata antarperlakuan berdasarkan uji-t pada taraf 5%.

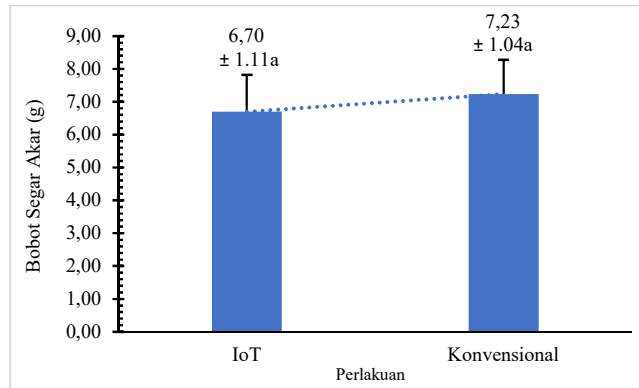
Gambar 3. Rerata luas daun pakcoy pada perlakuan IoT dan konvensional

Berdasarkan Gambar 3. perlakuan IoT menghasilkan rerata luas daun tertinggi pada 14 HST ($179,06 \pm 9,63 \text{ cm}^2$) dan 21 HST ($555,87 \pm 19,84 \text{ cm}^2$), serta berbeda nyata dibandingkan konvensional masing-masing ($106,42 \pm 19,67 \text{ cm}^2$) dan ($397,81 \pm 40,76 \text{ cm}^2$). Pada waktu pengamatan lainnya, perlakuan IoT cenderung lebih tinggi, namun tidak menunjukkan perbedaan nyata.

Diduga hal ini terjadi karena pada umur 7 HST tanaman masih berada pada fase adaptasi setelah pindah tanam, sehingga respons perkembangan luas daun terhadap perlakuan belum terlihat. Pitono *dkk.* (2022) melaporkan bahwa respons vegetatif terhadap irigasi dan fertigasi pada fase awal pertumbuhan belum berkembang optimal karena tanaman masih beradaptasi dengan lingkungan. Respons mulai muncul pada umur 14-21 HST ketika tanaman memasuki fase vegetatif aktif yang ditandai dengan peningkatan perkembangan daun dan kebutuhan air serta nutrisi. Nugroho dan Setiawan (2022) pada tanaman pakcoy menunjukkan bahwa ketersediaan air yang lebih sesuai meningkatkan luas daun dibandingkan kondisi terbatas, yang menegaskan pentingnya air dalam perkembangan tajuk. Pada umur 28 HST, perkembangan luas daun melambat karena tanaman memasuki fase vegetatif akhir sehingga peningkatan luas daun tidak secepat fase sebelumnya.

III.4 Bobot Segar Akar

Hasil uji t menunjukkan bahwa perlakuan IoT dan konvensional tidak berbeda nyata terhadap bobot segar akar tanaman sawi pakcoy. Rerata bobot segar akar disajikan pada Gambar 4.



Keterangan : huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata antarperlakuan berdasarkan uji-t pada taraf 5%

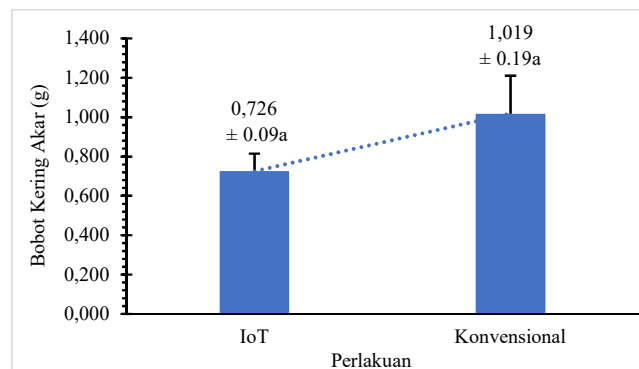
Gambar 4. Rerata bobot segar akar pakcoy pada perlakuan IoT dan konvensional

Berdasarkan Gambar 4. perlakuan IoT dan konvensional tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap bobot segar akar tanaman sawi pakcoy.

Diduga hal ini terjadi karena kedua perlakuan masih mampu menyediakan nutrisi dan air yang mencukupi di zona perakaran sehingga respons pembentukan biomassa akar relatif seragam. Kecenderungan bobot segar akar yang lebih tinggi pada perlakuan konvensional menunjukkan bahwa pola pembasahan media yang lebih luas mendorong perkembangan akar yang lebih menyebar dalam mengeksplorasi sumber daya. Thomas *et al.* (2024) melaporkan bahwa irigasi tetes menghasilkan pembasahan yang terlokalisasi, sedangkan sistem konvensional membasahi area yang lebih luas dan memengaruhi distribusi sistem perakaran.

III.5 Bobot Kering Akar

Hasil uji t menunjukkan bahwa perlakuan IoT dan konvensional tidak berbeda nyata terhadap bobot kering akar tanaman sawi pakcoy. Rerata bobot kering akar disajikan pada Gambar 5.



Keterangan : huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata antarperlakuan berdasarkan uji-t pada taraf 5%

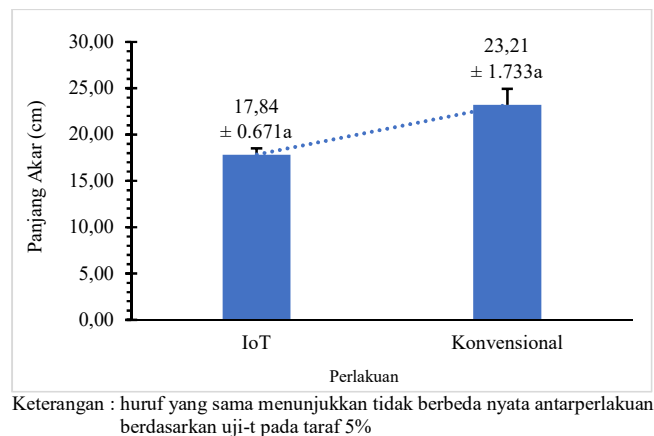
Gambar 5. Rerata bobot kering akar pakcoy pada perlakuan IoT dan konvensional

Berdasarkan Gambar 5. perlakuan IoT dan konvensional tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap bobot kering akar tanaman sawi pakcoy.

Diduga hal ini terjadi karena perbedaan sistem budidaya belum memengaruhi alokasi biomassa ke akar, sehingga akumulasi bobot kering akar tidak menunjukkan perbedaan. Fallahi dan Mahmoodi (2018) pada tanaman saffron (*Crocus sativus* L.) melaporkan bahwa variasi pemberian nutrisi dan air tidak memberikan perbedaan pada bobot kering akar. Kondisi ini menunjukkan bahwa kedua perlakuan masih mampu mendukung pertumbuhan perakaran tanpa perubahan pada akumulasi biomassa kering.

III.6 Panjang Akar

Hasil uji t menunjukkan bahwa perlakuan IoT dan konvensional tidak berbeda nyata terhadap panjang akar tanaman sawi pakcoy. Rerata panjang akar disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Rerata panjang akar pakcoy pada perlakuan IoT dan konvensional

Berdasarkan Gambar 6. perlakuan IoT dan konvensional tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap panjang akar tanaman sawi pakcoy.

Diduga hal ini terjadi karena perbedaan distribusi pada masing-masing perlakuan belum memberikan respons yang berbeda terhadap panjang akar. Ketersediaan air dan hara pada kedua perlakuan masih mampu mendukung pertumbuhan akar sehingga perkembangan panjang akar berlangsung serupa. Li *et al.* (2020) pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) melaporkan bahwa irigasi tetes menghasilkan sebaran akar yang lebih terkonsentrasi, sedangkan irigasi konvensional menghasilkan sebaran akar yang lebih luas tanpa diikuti perbedaan panjang akar yang nyata.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT bertenaga surya menunjukkan perbedaan nyata terhadap performa pertumbuhan tanaman sawi pakcoy dibandingkan sistem budidaya konvensional. Hal ini ditunjukkan oleh tinggi tanaman pada 21 HST sebesar 19,78 cm pada sistem IoT, lebih tinggi dibandingkan konvensional sebesar 14,25 cm. Jumlah daun pada 14 dan 21 HST masing-masing mencapai 7,93 dan 12,20 helai pada sistem IoT, lebih tinggi dibandingkan konvensional sebesar 6,03 dan 10,10 helai. Luas daun pada 14 dan 21 HST masing-masing sebesar 179,06 dan 555,87 cm² pada sistem IoT, lebih besar dibandingkan konvensional sebesar 106,42 dan 397,81 cm². Namun demikian, parameter perakaran, meliputi bobot segar akar, bobot kering akar, dan panjang akar, tidak menunjukkan perbedaan nyata antarperlakuan.

Dalam menerapkan sistem budidaya berbasis IoT, perlu dilakukan pemeliharaan serta pengawasan rutin terhadap jaringan perpipaan, emitter, panel kontrol, dan sensor guna menjaga keseragaman distribusi nutrisi dan air. Penelitian selanjutnya disarankan menganalisis kinerja panel surya dan baterai serta membandingkannya dengan sumber listrik PLN guna menilai efisiensi operasional. Selain itu, pengaturan tekanan pompa dan valve perlu dioptimalkan karena penggunaan satu pompa pada beberapa bedengan berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan distribusi aliran.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, S.P., M.P. dan Ibu Ir. Siti Muslikah, M.P. selaku dosen pembimbing penelitian atas nasihat, arahan, dan bimbingan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Eko Noerhayati, M.T. dan Ibu Soraya Norma Mustika, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing lapang atas arahan, bimbingan, serta pendampingan selama penelitian di lapangan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Zou, L., W.K. Tan, Y. Du, H.W. Lee, X. Liang, J. Lei, L. Striegel, N. Weber, M. Rychlik, C.N. Ong. 2021. Nutritional metabolites in *Brassica rapa* subsp. *chinensis* var. *parachinensis* (choy sum) at three different growth stages: microgreen, seedling and adult plant. *Food Chem.* 357:129535.

- Badan Pusat Statistik. 2025. Produksi tanaman sayuran dan buah-buahan semusim menurut provinsi dan jenis tanaman, 2024. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/VFV4MmQxaG9kakZrVUdWeEx6aDFUMnN6WmpocVp6MDkjMw==/produksi-tanaman-sayuran-dan-buahbuahan-semusim-menurut-jenis-tanaman?year=2024> [29 Januari 2026].
- Siregar, D.M.T., F. Ali, D. Maulida, E. Maulana, N.W. Prajaka, W.A. Darma. 2023. Pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada berbagai konsentrasi pupuk NPK dan jenis media tanam secara hidroponik NFT. *J. Hortic. Prod. Technol.* 1(2):84-94.
- Akkamis, M., S. Caliskan. 2024. Effects of different irrigation levels and nitrogen fertilization on some physiological indicators of potato. *Potato Res.* 67(3):815-831.
- Singla, P., R. Sharda, S. Sharma, D. Gulati, K. Pandey, S. Navprem, P.K. Singh, A. Sharma. 2023. Variation in physio-chemical attributes and WUE during growth and development of pak choi (*Brassica rapa* L. subsp. *chinensis*) under different drip fertigation and mulching treatments. *Acta Aliment.* 52(3):458-468.
- Noerhayati, E., S.A. Mardiyani, S.N. Mustika. 2023. The effect of internet of things based drip fertilization system with cultivation model on harvest results and quality of red lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *Ecological Engineering*.
- Ningsih, F.D., F. Ali, R. Rahhutami, B. Safitri. 2025. Pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada pemberian dosis pupuk NPK 20-10-10 dan konsentrasi pupuk organik cair. *J. Hortic. Prod. Technol.* 3(1):1-12.
- Hidayah, A.L., S. Dwiratna, B.M.P. Prawiranegara, K. Amaru. 2020. Kinerja dan karakteristik konsumsi energi, air, dan nutrisi pada sawi pagoda (*Brassica narinosa*) menggunakan sistem fertigasi deep flow technique (DFT). *J. Keteknikan Pertan. Trop. Biosist.* 8(2):125-134.
- Kapoor, R., S.K. Sandal. 2019. Growth and yield response of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) to varying drip irrigation and fertigation levels. *Indian J. Agric. Sci.* 89(12):2014-2019.
- Pitono, J., A. Unadi, N. Maslahah, M. Melati, S. Setiawan, S. Suherman. 2022. Respons vegetatif tanaman lada terhadap aplikasi irigasi dan fertigasi pada musim kemarau. *J. Penelit. Tanam. Ind.* 28(1):1-10.
- Nugroho, I.E., T.D. Kurnia. 2025. Pengaruh frekuensi penyiraman terhadap pertumbuhan dan hasil sawi pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*). *Agroradix J. Ilmu Pertan.* 8(2):175-184.
- Thomas, S.L., J.S. Bindhu, S.P. Pillai, R. Beena, J. Biju, S. Sarada. 2024. Nutrient dynamics and moisture distribution under drip irrigation system. *J. Exp. Agric. Int.* 46(10):485-493.

- Fallahi, H.R., S. Mahmoodi. 2018. Impact of water availability and fertilization management on saffron (*Crocus sativus* L.) biomass allocation. *J. Hortic. Postharvest Res.* 1(2):131-146.
- Li, M., J.E. Schmidt, D.G. LaHue, P. Lazicki, A. Kent, M.B. Machmuller, K.M. Scow, A.C.M. Gaudin. 2020. Impact of irrigation strategies on tomato root distribution and rhizosphere processes in an organic system. *Front. Plant Sci.* 11.