

## Effect of Sensor and based NPK on the Growth of Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) Cultivated Hydroponically

Fanesha Panca Putri<sup>1</sup>, Resti Fevria<sup>2</sup>, Vauzia<sup>3</sup>, Abdul Razak<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Biologi, Universitas Negeri Padang

<sup>2</sup> Agroteknologi Universitas Negeri Padang

e-mail: [restifevria@fmipa.unp.ac.id](mailto:restifevria@fmipa.unp.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas sistem hidroponik otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor NPK dan pupuk organik cair (POC) yang berasal dari daun *Gliricidia sepium* dengan metode pemberian nutrisi secara manual dalam budidaya kailan (*Brassica oleracea* var. *acephala*). Percobaan dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua perlakuan dan dua ulangan. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat segar, dan berat kering. Data dianalisis menggunakan uji t independen pada tingkat signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem otomatis berbasis IoT berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun, luas daun, berat segar, dan berat kering, namun tidak berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman. Sistem ini terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi, mempercepat pertumbuhan tanaman, dan menghasilkan hasil panen yang lebih optimal.

**Kata kunci:** Hidroponik, Internet of Things (IoT), Sensor NPK, Pupuk Organik Cair, Kale.

### Abstract

This study aims to compare the effectiveness of an automated hydroponic system based on the Internet of Things (IoT) using NPK sensors and liquid organic fertilizer (LOF) derived from *Gliricidia sepium* leaves with a manual nutrient application method in the cultivation of kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*). The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD) with two treatments and two replications. Observed parameters included plant height, number of leaves, leaf area, fresh weight, and dry weight. Data were analyzed using an independent t-test at a 5% significance level. The results showed that the IoT-based automatic system significantly affected the number of leaves, leaf area, fresh weight, and dry weight, but had no statistically significant effect on plant height. This system proved to enhance nutrient efficiency, accelerate plant growth, and yield more optimal harvest results.

**Keywords :** Hydroponics, Internet of Things, NPK Sensor, Liquid Organic Fertilizer, Kale.

### PENDAHULUAN

Kale (*Brassica oleracea acephala*) merupakan tanaman sayuran dari suku Brassicaceae yang saat ini memiliki permintaan tinggi, dengan produksi mencapai 2000 tanaman per hari. Target konsumennya adalah supermarket dan restoran. Popularitas kale didukung oleh kandungan nutrisinya yang kaya, meliputi vitamin A, B1, B2, B3, C, serta isotiokyanat yang memiliki aktivitas antikanker seperti sulforafana (Migliozzi et al., 2015). Menurut Badan Pusat Statistik (2020), produksi kale di Indonesia mengalami penurunan sejak 2015 hingga 2021, yang disebabkan oleh berkurangnya lahan pertanian dan teknik budidaya yang kurang optimal. Di sisi lain, konsumsi sayuran diperkirakan terus meningkat sekitar 0,7% per tahun (Adiyoga, 2009). Untuk menjawab tantangan ini, terutama di wilayah perkotaan yang terbatas lahannya, hidroponik menjadi alternatif budidaya yang menjanjikan. Metode ini tidak memerlukan tanah dan memanfaatkan media tanam seperti rockwool atau cocopeat, serta pemberian nutrisi langsung ke akar tanaman, sehingga efisien dan menghasilkan panen optimal (Roidah, 2014).

Salah satu budidaya yang menarik minat Masyarakat adalah hidroponik karena memiliki beberapa keuntungan, diantaranya dapat dilakukan sepanjang tahun tanpa terikat pada musim, kualitas panen yang lebih baik, kebersihan yang terjamin, pemakaian pupuk yang lebih sedikit, perawatan yang sederhana, bebas pestisida, dan kebutuhan tenaga kerja yang lebih sedikit (Fevria, 2021). Hidroponik dicirikan oleh keterbatasan ruang, teknik pertanian intensif atau modern, akses terhadap informasi pasar, dan optimalisasi produktivitas produksi, lahan, dan ruang dengan bantuan teknologi (Fevria et al., 2023).

Hidroponik adalah teknik budidaya tanaman inovatif yang menggantikan tanah dengan media tanam lain. Keunggulannya adalah tidak memerlukan lahan yang luas, sehingga cocok untuk berbagai skala budidaya. Metode hidroponik yang populer adalah NFT (Nutrient Film Technique). Pada sistem NFT, akar tanaman terendam dalam lapisan air yang sangat tipis yang terus-menerus mengalir. Air ini mengandung nutrisi yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh. Meskipun aliran air biasanya berlangsung 24 jam penuh, sistem ini juga dapat diatur agar alirannya berhenti dan dimulai kembali secara berkala (Agustin et al., 2024). Selain itu, sistem hidroponik memungkinkan terciptanya lingkungan tumbuh yang lebih terkendali. Integrasi teknologi dengan metode hidroponik juga meningkatkan efisiensi dalam pemakaian air, unsur hara, dan pestisida jika dibandingkan dengan metode budidaya menggunakan tanah. Budidaya tanaman dengan sistem hidroponik dapat diterapkan di area yang sempit dan tidak tergantung pada musim tanam. (Vauzia et al., 2025).

Dalam budidaya hidroponik, pemantauan nutrisi umumnya dilakukan secara manual menggunakan TDS (Total Dissolve Solid) meter untuk mengetahui kadar nutrisi dalam air. Jika hasil pengecekan menunjukkan bahwa kadar nutrisi tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman, petani harus menambahkan larutan nutrisi secara manual dengan menuangkannya ke dalam bak penampungan air. Setelah itu, kadar nutrisi kembali diperiksa menggunakan TDS (Total Dissolve Solid) meter untuk memastikan bahwa sudah sesuai dengan standar kebutuhan tanaman (Marisa M, et al., 2021).

Selain itu pemberian nutrisi pada budidaya hidroponik memiliki beberapa kelemahan, termasuk terjadinya pengendapan nutrisi, terutama pada sistem wick karena sifatnya yang pasif. Untuk mengurangi pengendapan larutan nutrisi pada sistem wick yang digunakan dalam penelitian ini, diperlukan teknologi gelembung nano. Teknologi ini mampu memperkecil ukuran gelembung gas dalam media tanam sehingga lebih mudah terurai dan meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi. Teknologi gelembung nano adalah ilmu pengetahuan dan teknologi yang mengontrol gelembung pada skala nanometer, menghasilkan fungsi baru yang belum pernah ada sebelumnya. Ukuran 1 nanometer adalah  $1 \times 10^{-9}$  atau 1 per satu miliar meter, yang berarti 50.000 kali lebih kecil dari ukuran rambut manusia (Razak, 2021).

Penerapan inovasi teknologi dalam budidaya hidroponik dapat diwujudkan melalui sistem pemberian larutan nutrisi secara otomatis. Tujuannya adalah untuk menyederhanakan perawatan tanaman, menghemat biaya tenaga kerja, dan meningkatkan efisiensi waktu dalam menjaga kestabilan konsentrasi nutrisi. Otomatisasi pemberian nutrisi pada hidroponik dapat dicapai dengan menambahkan sistem kontrol pemberian nutrisi otomatis (Nugraha., 2017). Untuk mengatasi permasalahan ini, inovasi dalam bentuk otomatisasi berbasis Internet of Things (IoT) menjadi solusi yang menjanjikan.

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan perangkat-perangkat terintegrasi melalui jaringan internet. IoT memiliki kemampuan untuk berbagi data dan informasi melalui jaringan, memfasilitasi komunikasi dan kerja sama antar perangkat yang terhubung. Hal ini membuka peluang interaksi yang lebih luas antara manusia dan perangkat IoT (Syarifuddin, 2018). Sensor NPK berfungsi mendeteksi unsur hara tanah dengan cara ditancapkan langsung ke dalam tanah. Data hasil pengukuran dikirim dalam bentuk sinyal analog ke ESP32 untuk diproses dan ditampilkan pada layar OLED serta dashboard ThingsBoard. Sistem ini memungkinkan pemupukan dilakukan secara presisi (Silvia, 2023). Untuk meningkatkan efisiensi nutrisi, pupuk organik cair dapat dimanfaatkan dalam sistem hidroponik. Salah satu bahan potensial adalah daun gamal, yang mengandung unsur hara seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan serat kasar, serta mudah dibudidayakan dan memiliki pertumbuhan cepat (Jusuf et al., 2007).

Menurut Hadinata (2008), ekstrak daun gamal merupakan hasil fermentasi dari bahan organik seperti hasil pertanian atau limbah rumah tangga. Ekstrak ini kaya akan unsur hara makro, mikro, hormon tumbuh, serta mikroorganisme yang membantu penguraian bahan organik. Daun gamal dipilih karena kandungan nutrisinya tinggi dan berfungsi sebagai pupuk cair maupun dekomposer untuk menyuburkan tanah. Pranata (2004) menyebutkan keunggulan pupuk cair dari daun gamal antara lain mampu memperbaiki struktur tanah, ramah lingkungan, mengandung nutrisi lengkap, mudah dibuat, dan dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Namun, pupuk ini memiliki kelemahan seperti ketergantungan pada proses fermentasi yang tertutup rapat agar tidak terkontaminasi, serta daya tahan yang terbatas bila disimpan di tempat terbuka karena berisiko rusak dan menimbulkan bau tidak sedap.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas sistem hidroponik otomatis berbasis IoT yang menggunakan POC daun gamal dengan metode manual dalam budidaya kale. Penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan peningkatan efisiensi dan produktivitas budidaya hidroponik, terutama dalam aspek pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat basah, dan berat kering tanaman. Selain itu, penggunaan teknologi ini diharapkan mampu memberikan dampak positif terhadap peningkatan hasil pertanian dan pengurangan biaya produksi, khususnya bagi petani hidroponik.

## **METODE**

### **Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juli hingga Oktober 2024 di KT Andalas Hidroponik Farm Padang dan Laboratorium Penelitian Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

### **Rancangan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 perlakuan, yaitu budidaya tanaman Kale secara hidroponik Menggunakan dan Tanpa menggunakan sensor NPK berbasis IoT. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 2 kali, dan setiap ulangan terdiri dari 9 sampel tanaman Kale.

### **Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen untuk mengetahui pengaruh menggunakan Sensor NPK Berbasis IoT dengan Otomatisasi POC Gelembung Nano Daun Gamal (*Gliricidia sepium* Jacq.) dan Sistem Manual.

### **Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, system NFT (*Nutrient Film Technique*), net pot, lidi, baki, TDS meter, PH meter, penggaris, oven, gunting, kamera, alat tulis, kertas label, timbangan digital, kertas HVS, kertas koran. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah nutrisi hidroponik AB mix, benih tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*), rockwool, dan air.

### **Parameter Pengukuran**

#### **Tinggi tanaman (cm)**

Tinggi tanaman diukur dengan menggunakan penggaris dari pangkal batang sampai ujung daun tertinggi. Tinggi tanaman diukur saat akhir penelitian atau 6 mst (minggu setelah tanam).

#### **Jumlah daun (helai)**

Jumlah daun dihitung saat 6 mst. Daun yang dihitung adalah daun sempurna.

#### **Luas daun (cm<sup>2</sup>)**

Pengukuran luas daun dilakukan pada 6 mst menggunakan metode penimbangan dengan rumus pada semua daun, kecuali 2 daun pertama yang tumbuh saat berkecambah. Perhitungan luas daun dapat dilakukan dengan metode gravimetri dengan rumus perhitungan :

$$\text{Luas Daun} = \frac{\text{berat daun} \times \text{luas kertas}}{\text{berat kertas}}$$

#### **Berat basah (g)**

Pengamatan berat basah tanaman dilakukan dengan cara menimbang semua bagian tanaman meliputi akar, batang, dan daun. Dilakukan pada 6 mst.

### Berat kering (g)

Pengamatan berat kering dilakukan dengan cara menimbang semua bagian tanaman meliputi akar, batang, dan daun. Dilakukan pada 6 mst dengan oven pada suhu 60°C selama 48 jam hingga didapat berat yang konstan.

### Analisis Data

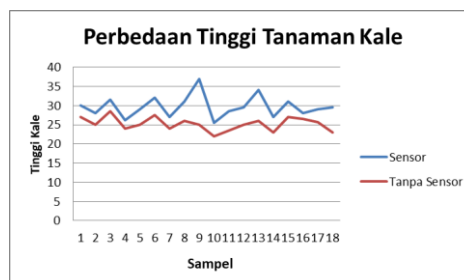
Data hasil pengamatan yang diperoleh dianalisis dengan uji-t tidak berpasangan (Independent t-test) menggunakan aplikasi SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) dengan taraf nyata 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

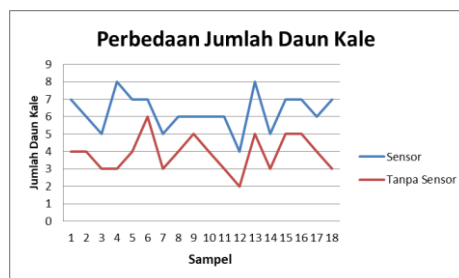
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan membudidayakan tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) secara hidroponik menggunakan sensor NPK berbasis IoT dan manual didapatkan hasil sebagai berikut :

### Tinggi tanaman (cm)



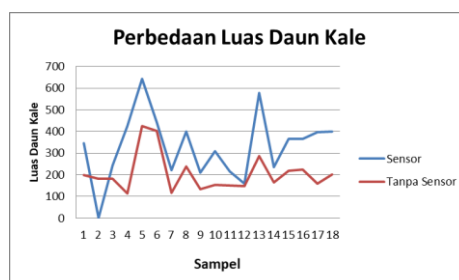
Grafik 1. Perbedaan tinggi kale

### Jumlah daun (helai)



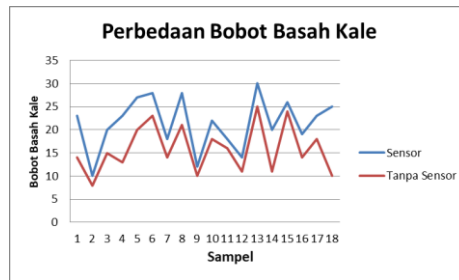
Grafik 2. Perbedaan jumlah daun kale

### Luas daun (cm<sup>2</sup>)



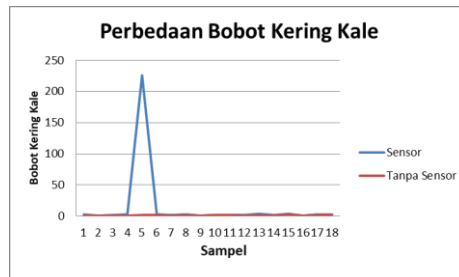
Grafik 3. Perbedaan luas daun kale

### Berat basah (g)



Grafik 4. Perbedaan berat basah kale

### Berat kering (g)



Grafik 5. Perberdaan berat kering tanaman kale

### Pembahasan

#### Tinggi Tanaman (cm)

Tinggi tanaman merupakan ukuran tanaman yang sering diamati sebagai indikator pertumbuhan maupun sebagai parameter untuk mengukur pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diterapkan karena tinggi tanaman merupakan ukuran pertumbuhan yang paling mudah dilihat (Apresus et al., 2016). Tinggi tanaman merupakan ukuran vertikal dari permukaan tanah hingga titik tertinggi tanaman (biasanya ujung batang utama atau pucuk). Parameter ini umum digunakan sebagai indikator pertumbuhan tanaman karena relatif mudah diamati dan memberikan gambaran umum tentang respons tanaman terhadap kondisi lingkungan maupun perlakuan tertentu (Fathoni, A., & Widiyastuti, S. (2017).

Data pengamatan tinggi tanaman kale dianalisis dengan uji-t tidak berpasangan dan memiliki Thitung (0,659) > Ttabel(2,032) maka H0 diterima dengan H1 ditolak sehingga dilakukan uji lanjut SPSS. Didapatkan  $p = 0,771 < 0,05$  meskipun penggunaan alat tidak memberikan dampak signifikan secara statistik terhadap pertumbuhan tinggi kale.

Penelitian ini mengamati tinggi tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) yang ditanam secara hidroponik menggunakan sensor NPK berbasis IoT dan secara manual. Grafik di atas menunjukkan perbedaan tinggi tanaman kale antara dua perlakuan: menggunakan sensor (biru) dan tanpa sensor (merah). Secara umum, tanaman kale yang ditanam dengan bantuan sensor menunjukkan tinggi yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman tanpa sensor. Hal ini terlihat dari tren garis biru yang konsisten lebih tinggi dibandingkan garis merah pada sebagian besar sampel.

#### Jumlah Daun (helai)

Data pengamatan jumlah daun Kale dianalisis dengan sidik ragam dan memiliki Thitung (6,834) < Ttabel(2,032), maka H0 ditolak dan H1 diterima sehingga dilakukan uji lanjut SPSS. Didapatkan  $p = 0,001 < 0,05$  penggunaan alat memberikan dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan jumlah daun kale.

Hal ini diduga bahwa pertumbuhan jumlah daun suatu tanaman sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan ketersediaan hara. Dijelaskan oleh Lakitan (2009) bahwa penambahan jumlah daun merupakan suatu akibat dari pembelahan sel dibagian ujung batang yang terjadi

apabila tanaman cukup membutuhkan karbohidrat yang dihasilkan dari fotosintesis. Proses fotosintesis akan berjalan apabila tersedianya nutrisi dan faktor lingkungan terpenuhi.

Grafik di atas memperlihatkan perbedaan jumlah daun tanaman kale antara dua perlakuan, yaitu menggunakan sensor (garis biru) dan tanpa sensor (garis merah). Secara visual, tanaman kale yang dibudidayakan dengan sensor menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan yang tanpa sensor.

### Luas Daun

Data pengamatan luas daun Kale dianalisis dengan sidik ragam dan memiliki Thitung (3,832) < Ttabel (2,032), maka H<sub>0</sub> ditolak dan H<sub>1</sub> diterima sehingga dilakukan uji lanjut SPSS. Didapatkan p= 0,001 < 0,05 penggunaan alat memberikan dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan kale.

Luas daun memiliki peran krusial dalam berbagai aspek studi tanaman, termasuk dalam bidang nutrisi tanaman, pengendalian hama dan penyakit, interaksi antara air dan tanah pada tanaman, dinamika ekosistem tumbuhan, serta dalam menilai tingkat kesuburan tanaman. Pengukuran luas daun penting dilakukan sebagai salah satu indikator untuk menilai pertumbuhan serta performa fisiologis tanaman. Namun, proses pengukuran ini tidaklah sederhana karena bentuk daun sangat bervariasi, sehingga membutuhkan waktu lama dan alat yang sesuai. Saat ini, pengukuran luas daun umumnya masih dilakukan secara manual dengan berbagai metode, seperti menggunakan kertas milimeter, teknik gravimetri, planimeter, pengukuran berdasarkan panjang dan lebar daun, serta metode fotografi (Haryadi, 2013).

### Berat Basah

Data pengamatan berat basah Kale dianalisis dengan sidik ragam dan memiliki Thitung (3,118) > Ttabel (2,032), maka H<sub>0</sub> ditolak dan H<sub>1</sub> diterima sehingga dilakukan uji lanjut SPSS. Didapatkan p=0,003 < 0,05. Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada berat basah pemberian nutrisi. Berat basah dipengaruhi oleh kadar air dan kandungan unsur hara yang ada di dalam sel-sel jaringan tanaman.

Menurut Ratih dkk. (2018) Berat basah total merupakan berat tanaman yang menunjukkan hasil aktifitas metabolisme tanaman yang digunakan sebagai parameter pertumbuhan dan berperan dalam menentukan kualitas hasil secara ekonomis. Menurut Damanik (2019), berat basah tanaman dipengaruhi oleh kemampuan tumbuh yang optimal serta jumlah cabang yang dimiliki tanaman. Semakin tinggi berat basah suatu tanaman, maka semakin diperlukan jarak tanam yang lebih luas untuk mendukung pertumbuhannya secara maksimal.

### Berat Kering

Data pengamatan berat kering Kale dianalisis varians dan memiliki Thitung (3,896) < Ttabel (2,032), maka H<sub>0</sub> ditolak dan H<sub>1</sub> diterima sehingga dilakukan uji lanjut SPSS. Didapatkan p= 0,001 < 0,05. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam berat kering antara kedua pemberian nutrisi.

Menurut Zani dan Anhar. (2021), Berat kering suatu tanaman merupakan akumulasi senyawa organik yang mampu disintesis tanaman dari senyawa anorganik terutama air dan karbondioksida. Pertambahan berat kering tanaman dikarenakan unsur hara yang telah diserap akar. Adanya peningkatan proses fotosintesis mampu meningkatkan hasil fotosintesis yang berupa senyawa organik yang akan diedarkan keseluruh organ tanaman dan dapat mempengaruhi berat kering tanaman. Berat kering tanaman merupakan parameter penting yang digunakan untuk mengetahui akumulasi biomassa suatu tanaman tanpa kandungan air. Berat kering mencerminkan hasil akhir dari proses fotosintesis dan merupakan indikator langsung dari pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Nilai ini diperoleh dengan cara mengeringkan bagian tanaman (seperti daun, batang, atau akar) hingga beratnya tidak berubah lagi, biasanya dengan menggunakan oven bersuhu 70–80°C. Berat kering tanaman dipengaruhi oleh dua kelompok faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal.

Faktor internal mencakup aspek genetik tanaman yang menentukan potensi pertumbuhan, struktur morfologi seperti luas daun dan sistem perakaran, usia tanaman, serta aktivitas hormon



tanaman seperti auksin dan sitokinin yang mengatur pertumbuhan dan perkembangan sel. Sementara itu, faktor eksternal meliputi kondisi lingkungan tempat tanaman tumbuh, seperti intensitas dan durasi cahaya yang diperlukan untuk fotosintesis, ketersediaan air, suhu lingkungan, kecukupan nutrisi atau unsur hara, kepadatan populasi tanaman, serta karakteristik tanah seperti pH dan struktur. Interaksi antara faktor-faktor tersebut sangat menentukan keberhasilan tanaman dalam mengakumulasi biomassa kering selama siklus hidupnya (Taiz & Zeiger, 2010).

## SIMPULAN

Penggunaan sistem hidroponik otomatis berbasis IoT dengan sensor NPK dan pupuk organik cair daun gamal memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan kale dalam beberapa parameter seperti jumlah daun, luas daun, berat basah, dan berat kering. Meskipun tidak menunjukkan perbedaan signifikan pada tinggi tanaman, sistem ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi dan produktivitas budidaya dibandingkan metode manual. Dengan demikian, penerapan teknologi ini berpotensi besar untuk diaplikasikan dalam skala lebih luas, khususnya dalam urban farming dan budidaya hidroponik berkelanjutan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Resti Fevria S.TP., MP sudah mengarahkan penelitian dan penyusunan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para kontributor penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiyoga, W. (2009). Analisis Trend Per Satuan Luas Tanaman Sayuran Tahun 1969-2006 di Indonesia. *J. Hortikultura*. 19 (4), 484-499. DOI:10.21082/jhort.v19n4.2009.p%p
- 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.
- Apresus Sinaga dan Amar Ma'ruf . 2016. Tanggapan hasil pertumbuhan tanaman jagung akibat Pemberian pupuk urea, sp-36 dan kcl . *Jurnal Pertanian bernas*, 12( 3).
- Badan Pusat Statistika.(2020).Statistik Tanaman Sayuran Dan Buah – Buahan Semusim Indonesia. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Damanik, T. (2019). Pengaruh dosis pupuk kandang kambing dan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kale (*Brassica Oleracea* Var. *Lacinato*) (Skripsi sarjana).Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia.
- Fathoni, A., & Widiyastuti, S. (2017). *Dasar-Dasar Agronomi*. UMM Press.
- Fevria, R., Siska Alicia Farma,Vauzia,Edwin,& Devi Purnamasari.(2021). Comparison of Nutritional Content of Spinach (*Amaranthus gangeticus* L.) Cultivated Hydroponically and Non-Hidroponically. *Eksakta*. 22(1). 47-53.DOI: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol21-iss2/243>
- Fevria, R., Vauzia, V., Farma, S. A., Kardiman, R., & Edwin, E. (2023). The Effect of Eco-Enzyme Spraying on Chlorophyll Content of Hydroponic Lettuce (*Lactuca sativa* L.). In M. Fadilah et al. (Eds.), *IcoBioSE 2021, ABSR32*(pp.297303). DOI:10.2991/978-94-6463-166-1\_39
- Hadinata, I.(2008). Membuat Mikroorganisme Lokal. Universitas Muhammadiyah. Malang.
- Haryadi.(2013).Pengukuran Luas Daun dengan Metode Simpson, *Anterior Jurnal*, 12: 1-5.[https://doi.org/10.2991/978-94-6463-166-1\\_19](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-166-1_19)
- Jusuf, L., A.M Mulyati & A.H Sanaba. (2007). Pengaruh Dosis Pupuk Organik Padat Daun Gamal terhadap Tanaman Sawi. Gowa: Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian (STPP). *Jurnal Agrisistem*. 3, 27-31.
- Marisa, M., Carudin, C., & Ramdani, R. (2021). Otomatisasi sistem pengendalian dan pemantauan kadar nutrisi air menggunakan teknologi NodeMCU ESP8266 pada tanaman hidroponik.*Jurnal Teknologi Terpadu*, 7(2), 127134

- Migliozzi, M., D. Thalvalraljalh, P. Thalvalraljalh, P. Smith. (2015). Lentil and Kale: Complementary Nutrient-Rich Whole Food Sources to Combat Micronutrient and Calorie Malnutrition. *Nutrients*, 7(11), 9285 – 9298.
- Nugraha, H. F.(2017). TA: Pengaturan Air dan Nutrisi Secara Otomatis pada Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino. Undergraduate thesis, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya.
- Pranata, A. S.(2004). Pupuk Organik Cair Aplikasi dan Manfaatnya. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Ratih,S.M ., Ary,S.N., & Dzakiy,M.A. (2018). Pengaruh substitusi pupuk organik cair pada nutrisi AB MIX terhadap pertumbuhan Caisim(*Brassica juncea* L.) pada hidropinik drip irrigation system. *Jurnal biologi & pembelajarannya* .5(1),44-51. DOI: <https://doi.org/10.29407/jbp.v5i1.12034>
- Razak, A. (2021). Ekonanobioteknologi: konsep pendekatan pengembangan bidang kajian zoologi dan ekologi hewan. Padang: Universitas Negeri Padang Repository.
- Roidah Ida Syamsu. (2014). Pemanfaatan Lahan dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. *Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo*. 1(2), 43-49. <https://doi.org/10.36563/bonorowo.v1i2.14>
- Silvia,R., Arafat, & Wagino.(2023). Desain Dan Implementasi Alat Ukur Unsur Hara Tanah Menggunakan Sensor Npk Berbasis Wireless Sensor Network (Wsn). *Technologia*. 14(4).
- Syarifuddin. A, & Nuryadi, S. (2018). Pengatur Suhu dan Kelembaban Otomatis Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet of Things. *J. TeknoSAINS*. 01(01),1–14.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology* (5th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.
- Vauzia, Razak.A , Yulkifli, Fevria.R, & Mutiar.S. (2025). Application of nanotechnology poc control with iot-based smartphones at andalas hydroponic farm. *Pelita eksakta*.08(01), 45-50 DOI: 10.24036/pelitaeksakta/vol8-iss01/264
- Zani.R,Z, & Anhar.A. (2021). Respon *Trichoderma* spp. Terhadap indeks vigor benih dan berat kering kecambah padi varietas sirandah batuampa.*Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*.8(1), 1-6.