

## Effect of Sensor and Based NPK on The Growth of Red Spinach (*Amaranthus tricolor* L.) Cultivated Hydroponic

Putri Oktavia<sup>1</sup>, Resti Fevria<sup>1,2\*</sup>, Vauzia<sup>1</sup>, Abdul Razak<sup>1</sup>, Yulkifli<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

### Article History

Received : January 09<sup>th</sup>, 2025

Revised : February 19<sup>th</sup>, 2025

Accepted : February 26<sup>th</sup>, 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](mailto:restifevria@fmipa.unp.ac.id)

**Abstract:** Red spinach (*Amaranthus tricolor* L.) is a high nutritional value vegetable that is increasingly in demand in Indonesia. Hydroponics is an innovative solution to overcome land limitations, but the efficiency of nutrient delivery in manual methods is still a challenge. This study aims to compare the growth of red spinach in the NPK sensor-based hydroponic system based on the Internet of Things (IoT) with the manual method. The study used a completely randomized design (CRD) with two treatments, namely the use of IoT-based NPK sensors and manual methods, each with two replications and nine samples per replication. The results showed that the use of IoT sensors significantly increased plant height (37.9 cm), leaf area (245.5 cm<sup>2</sup>), wet weight (9.3 g), and dry weight (1.6 g) compared to the manual method. Statistical analysis using an unpaired t-test at the 5% real level showed significant differences in most growth parameters. IoT technology is proven to be effective in increasing the efficiency and productivity of hydroponic systems by providing real-time nutrition according to plant needs. This research supports the development of IoT technology for sustainable agriculture, while having a positive impact on production efficiency and resource savings.

**Keywords:** Hydroponics, IoT, nano, red spinach.

### Pendahuluan

Pertumbuhan suatu populasi yang terus meningkat menuntut inovasi sektor pertanian guna memenuhi kebutuhan pangan secara berkelanjutan. Tantangan utama dalam pertanian modern adalah keterbatasan lahan, terutama di daerah perkotaan yang mengalami alih fungsi menjadi area industri dan tempat tinggal (Badan Pusat Statistik, 2021). Oleh sebab itu, penerapan sistem pertanian yang efisien dan adaptif menjadi solusi penting untuk meningkatkan produksi pangan tanpa bergantung pada luas lahan yang tersedia.

Hydroponik merupakan salah satu metode pertanian modern yang memungkinkan budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah,

melainkan dengan larutan nutrisi sebagai media tumbuh. Metode ini memiliki berbagai keunggulan, seperti tidak bergantung pada kondisi tanah, efisiensi penggunaan air dan pupuk, serta hasil panen yang lebih bersih dan berkualitas tinggi (Fevria, 2021). Budidaya hidroponik dicirikan oleh penggunaan ruang yang terbatas, pendekatan teknik pertanian modern atau intensif, akses terhadap informasi pasar, serta optimalisasi produktivitas produksi, lahan, dan ruang dengan bantuan teknologi (Fevria *et al.*, 2023). Salah satu teknik yang banyak diterapkan dalam hidroponik adalah *Nutrient Film Technique* (NFT), yang memastikan larutan nutrisi mengalir secara kontinu di sekitar akar

tanaman sehingga penyerapan unsur hara menjadi lebih optimal (Agustin, 2024).

Meskipun sistem hidroponik menawarkan berbagai keunggulan, metode konvensional dalam pemberian nutrisi masih menjadi kendala utama. Petani umumnya menggunakan alat *Total Dissolved Solids* (TDS) Meter untuk mengukur konsentrasi nutrisi dalam larutan, yang memerlukan penyesuaian berulang agar mencapai kondisi optimal. Proses ini dinilai kurang efisien karena membutuhkan waktu dan tenaga yang lebih besar (Adidrana *et al.*, 2019). Selain itu, penggunaan pupuk kimia sintetis yang umum dalam hidroponik menimbulkan kekhawatiran terkait dampak lingkungan dan keberlanjutan pertanian (Syarifuddin, 2018).

Inovasi dalam sistem hidroponik kini berkembang dengan integrasi teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mengotomatisasi proses pemberian nutrisi. IoT memungkinkan pengontrolan pemberian nutrisi secara otomatis dengan menggunakan sensor untuk memantau kebutuhan tanaman secara real-time. Salah satu teknologi yang dapat diintegrasikan ke dalam sistem hidroponik adalah sensor NPK. Sensor ini mampu mendeteksi kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang merupakan unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman (Syarifuddin, 2018). Dengan integrasi IoT yang telah digunakan sebelumnya, petani dapat memantau kesuburan tanah, aktivitas hama, dan kondisi lingkungan secara otomatis. Mikrokontroler seperti Arduino UnoR3, yang terhubung dengan modul komunikasi seperti ESP8266, dapat mengolah data dari sensor dan menyimpan informasi tersebut dalam basis data yang dapat diakses secara daring melalui aplikasi (Daniel *et al.*, 2020).

Penggunaan Pupuk Organik Cair (POC) berbahan dasar daun gamal (*Gliricidia sepium* Jacq.) menawarkan alternatif ramah lingkungan dengan kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium yang tinggi. Daun gamal memiliki kadar nitrogen mencapai 3,09%, yang sangat baik untuk mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman seperti bayam merah (Pu'u dan Mutiara, 2018). Kandungan nutrisi makro dan mikro dalam POC daun gamal mudah diserap tanaman karena sifatnya yang telah

terurai, sehingga lebih efektif dibandingkan pupuk kimia sintetis (Sihotang *et al.*, 2013).

Kombinasi POC daun gamal dengan sistem hidroponik berbasis IoT menawarkan berbagai keunggulan. Sensor NPK yang terintegrasi dengan modul IoT secara otomatis memantau kadar nutrisi dalam larutan dan mengontrol pemberian POC sesuai kebutuhan tanaman. Sistem ini mampu mendeteksi kekurangan atau kelebihan nutrisi secara real-time, sehingga nutrisi dapat dialirkan ke tanaman secara efisien. Data yang diperoleh dari sensor kemudian dikirimkan oleh modul Wemos ESP32 ke aplikasi IoT seperti Blynk, sehingga pengguna dapat memantau kondisi nutrisi tanaman melalui perangkat smartphone atau komputer (Veda *et al.*, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas sistem hidroponik otomatis berbasis IoT yang menggunakan POC daun gamal dengan metode manual dalam budidaya bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.). Hasil 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.

## Bahan dan Metode

### Rancangan penelitian

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.

### Metode penelitian

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 perlakuan, yaitu budidaya bayam merah dengan menggunakan sensor NPK Berbasis IoT dan tanpa menggunakan sensor NPK Berbasis IoT. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 2 kali, dan setiap ulangan terdiri dari 9 sampel tanaman bayam merah.

## Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem NFT (*Nutrient Film Technique*), sensor NPK berbasis IoT, 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, larutan pupuk organik cair daun gamal, benih tanaman bayam merah merk Pertiwi, rockwool, dan air.

## Parameter pengukuran

### Tinggi tanaman (cm)

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan menggunakan penggaris mulai pangkal batang sampai dengan ujung daun tertinggi. Tinggi tanaman diukur pada akhir penelitian atau 4 mst (minggu setelah tanam).

### Jumlah daun (helai)

Penghitungan jumlah daun pada 4 mst. Daun yang dihitung merupakan daun sempurna.

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

Luas daun diukur pada 4 mst dengan metode penimbangan menggunakan rumus semua daun, untuk 2 daun pertama yang tumbuh saat berkecambah dikecualikan. Penelitian (Irwan, 2017) menyebutkan perhitungan luas daun dilakukan menggunakan metode gravimetri yang memiliki rumus perhitungan daun pada persamaan 1.

$$\text{luas daun} = \frac{\text{Berat daun} \times \text{Luas kertas}}{\text{Berat kertas}} \quad (1)$$

### Berat basah (g)

Penimbangan berat basah tanaman dilakukan dengan melakukan penimbang pada bagian tanaman yang meliputi akar, batang, dan daun. Ini dilakukan pada 4 mst.

### Berat kering (g)

Penimbangan berat kering dilakukan dengan cara menimbang semua bagian tanaman meliputi akar, batang, dan daun. Dilakukan pada 4 mst dengan oven pada suhu 60°C selama 48 jam hingga didapat berat yang konstan.

## Teknik analisis data

Data hasil pengamatan didapatkan melalui analisis uji-t tidak berpasangan (*Independent t-*

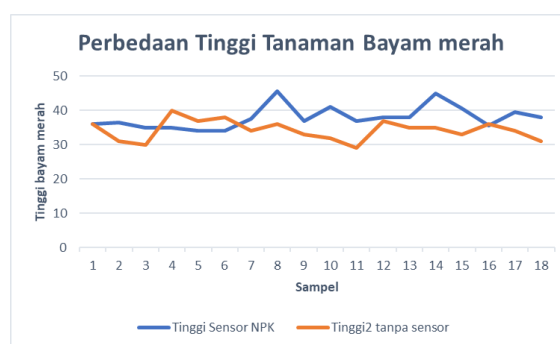
*test*) pada aplikasi SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) dengan taraf nyata 5%.

## Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian terkait dengan budidaya tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor L.*) secara hidroponik menggunakan sensor NPK berbasis IoT dan metode konvensional::

### Tinggi tanaman (cm)

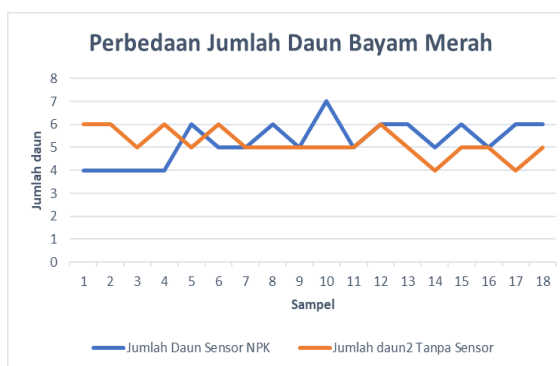
Perbedaan rata-rata tinggi tanaman bayam merah yang dibudidayakan dari kedua perlakuan bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Perbedaan tinggi bayam merah

### Jumlah daun (helai)

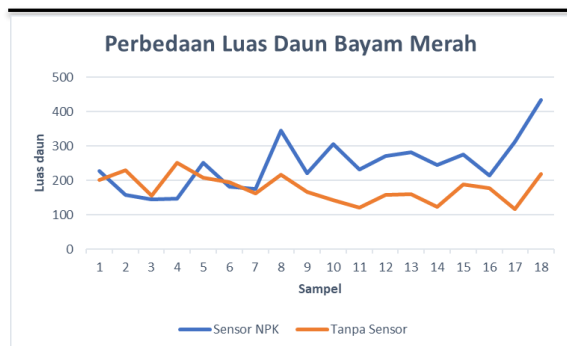
Perbedaan rata-rata jumlah daun tanaman bayam merah yang dibudidayakan dari kedua perlakuan bisa dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Perbedaan jumlah daun bayam merah

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

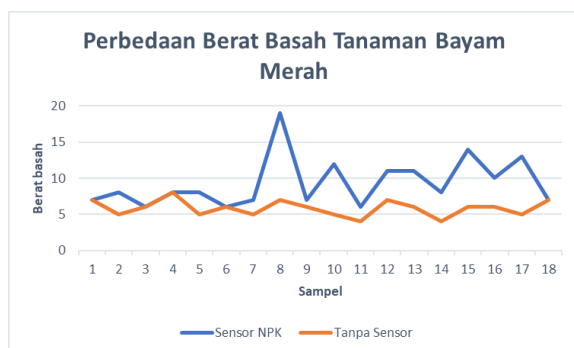
Perbedaan rata-rata luas daun tanaman bayam merah yang dibudidayakan dari kedua perlakuan menggunakan metode gravimetri bisa dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Perbedaan luas daun bayam merah

### Berat basah (g)

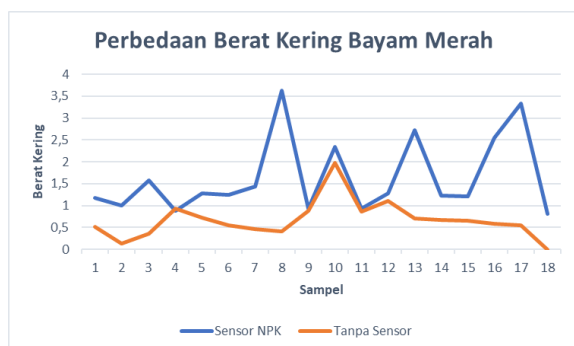
Perbedaan rata-rata berat basah tanaman bayam merah yang dibudidayakan dari kedua perlakuan bisa dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Perbedaan berat basah bayam merah

### Berat kering (g)

Perbedaan rata-rata berat kering tanaman bayam merah yang dibudidayakan dari kedua perlakuan bisa dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Perbedaan berat kering tanaman bayam merah

## Pembahasan

### Tinggi tanaman

Tinggi tanaman adalah salah satu indikator penting dalam menilai potensi produktivitas

tanaman. Tanaman yang tinggi umumnya memiliki luas permukaan daun yang lebih besar, sehingga dapat menyerap cahaya matahari lebih banyak dan melakukan fotosintesis secara lebih efisien. Selain itu, pertumbuhan tinggi tanaman juga mencerminkan perkembangan struktural yang baik. Dengan demikian, pengukuran tinggi tanaman secara berkala dapat memberikan gambaran awal tentang produktivitas tanaman (Rahmawati et al., 2017). Hasil pengamatan tinggi tanaman bayam merah yang telah dianalisis menggunakan uji-t tidak berpasangan dan memiliki  $T_{hitung} (3.504) > T_{tabel} (2,032)$  maka  $H_0$  ditolak dengan  $H_1$  diterima sehingga dilakukan uji lanjut SPSS. Didapatkan  $p = 0,001 < 0,05$  penggunaan alat memberikan dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan tinggi bayam merah.

Penelitian ini mengamati tinggi tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) yang ditanam secara hidroponik menggunakan sensor NPK berbasis IoT dan secara manual. Analisis data pada uji-t tidak berpasangan (independent t-test) memperlihatkan rata-rata tinggi tanaman bayam merah yang dibudidayakan dengan bantuan penambahan nutrisi secara otomatis menggunakan sensor NPK berbasis IoT lebih besar dibandingkan rata-rata tinggi tanaman bayam merah yang dibudidayakan dengan penambahan nutrisi secara manual setiap tiga hari sekali.

Pertumbuhan vegetatif tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara. Nitrogen, Fosfor, dan Kalium merupakan unsur hara makro yang telah lama dikenal penting. Sehingga dengan adanya penambahan nutrisi otomatis dari pupuk organik cair daun gamal yang memiliki kandungan natrium yang tinggi mempengaruhi tinggi tanaman bayam merah. Didalam penelitian Marginingsih et al., (2018) juga disebutkan bahwa Natrium memiliki peran krusial dalam meningkatkan laju fotosintesis melalui pembentukan klorofil dan sintesis protein, sehingga berkontribusi pada pertumbuhan vegetatif tanaman. Peningkatan tinggi tanaman juga diakibatkan oleh adanya unsur hara dan air yang terpenuhi di dalam tanah, terutama adanya unsur nitrogen untuk pertumbuhan batang dan daun (Nugroho, 2015). Jika unsur N dipenuhi maka fotosintesis berjalan dengan lancar dan hasil fotosintesisnya akan meningkat sehingga tinggi tanaman dipercepat.

### Jumlah daun

Hasi jumlah daun bayam merah dianalisis dengan uji-t tidak berpasangan dan memiliki  $T_{hitung}(0,433) > T_{tabel}(2,032)$  maka  $H_0$  diterima dengan  $H_1$  ditolak. Jumlah daun tanaman bayam merah dengan hasil pada perlakuan menggunakan sensor NPK berbasis IoT tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan namun menunjukkan hasil yang sama terhadap jumlah helai daun bayam merah kedua perlakuan seperti yang terlihat pada  $p = 0,668 > 0,05$ . meskipun penggunaan alat tidak memberikan dampak signifikan secara statistik terhadap jumlah daun, ukuran efek yang sedang hingga besar menunjukkan bahwa alat dapat memberikan pengaruh praktis yang relevan dalam kondisi tertentu. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa alat dapat meningkatkan suatu efisiensi pertumbuhan tanaman dengan mendukung distribusi nutrisi yang lebih optimal (Smith & Brown, 2019).

Penelitian ini juga mendukung temuan Zhang dan Lee (2021), yang menyatakan bahwa penggunaan alat cenderung memiliki efek moderat terhadap peningkatan hasil tanaman, meskipun tidak selalu signifikan secara statistik. Oleh karena itu, dalam konteks penelitian ini, penggunaan alat tetap relevan untuk meningkatkan produktivitas tanaman, terutama jika dikombinasikan dengan faktor-faktor lain seperti pengelolaan lingkungan tumbuh.

### Luas daun

Data pengamatan luas daun bayam merah dianalisis dengan uji-t tidak berpasangan dan memiliki  $T_{hitung}(3,413) > T_{tabel}(2,032)$  maka  $H_0$  ditolak dengan  $H_1$  diterima sehingga dilakukan uji lanjut SPSS. Didapatkan  $p = 0,002 < 0,05$ . Hasil yang telah dilakukan memperlihatkan adanya perbedaan yang signifikan dalam luas daun antara kedua pemberian nutrisi. luas daun tanaman bayam merah dipengaruhi kecukupan nuSelain itu, luas daun akan mempengaruhi laju fotosintesis dan pertumbuhan tanaman.

Suplai nitrogen dan kalium yang optimal berkorelasi positif dengan peningkatan luas helai daun dan kadar klorofil. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua unsur hara tersebut memiliki peran signifikan dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman (Hanum, 2008). Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa pertumbuhan yang tinggi

pada luas daun dan jumlah klorofil menyebabkan proses pada fotosintesis berjalan dengan baik. pada selada semakin besar luas daun maka Cahaya matahari yang diterima akan semakin besar. Sehingga dengan tingginya luas daun maka Cahaya lebih mudah diterima dengan baik oleh daun (Duaja, 2012).

### Berat basah

Hasil pengamatan berat basah bayam merah dianalisis menggunakan uji-t tidak berpasangan dan memiliki  $T_{hitung}(4,086) > T_{tabel}(2,032)$  maka  $H_0$  ditolak dengan  $H_1$  diterima sehingga dilakukan uji lanjut SPSS. Didapatkan  $p = 0,001 < 0,05$ . Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada berat basah tanaman dalam pemberian nutrisi. Adanya peningkatan biomassa karena pada konsentrasi tersebut, tanaman menyerap air dan nutrisi lebih banyak. Nutrisi ini akan merangsang pertumbuhan organ tanaman, terutama pada akar, oleh karena itu, tanaman dapat menyerap air dan nutrisi yang lebih banyak. Akibatnya, proses fotosintesis akan meningkat dan ini berkontribusi pada peningkatan berat basah dan berat kering tanaman. Adanya peningkatan berat basah tanaman disebabkan tanaman mengandung protoplasma yang berfungsi untuk tempat menyimpan air dan CO<sub>2</sub>, air akan diikat protoplasma sehingga bobot tanaman meningkat (Dahlianah *et al.*, 2021)

### Berat kering

Data pengamatan jumlah daun bayam merah dianalisis dengan uji-t tidak berpasangan dan memiliki  $T_{hitung}(4,023) > T_{tabel}(2,032)$  maka  $H_0$  ditolak dengan  $H_1$  diterima sehingga dilakukan uji lanjut SPSS. Didapatkan  $p = 0,001 < 0,05$ . Data ini memperlihatkan terdapat perbedaan signifikan dalam bobot berat kering antara kedua pemberian nutrisi. Menurut Sari *et al.*, (2020), berat kering tanaman adalah indikator langsung dari akumulasi biomassa yang dihasilkan melalui proses fotosintesis. Pertumbuhan tanaman yang optimal akan berbanding lurus dengan laju fotosintesis, sehingga menghasilkan berat kering yang lebih tinggi. Berat kering tanaman merupakan hasil dari penumpukan berbagai zat organik seperti karbohidrat, protein, vitamin, dan senyawa lainnya selama pertumbuhan tanaman.

Penyerapan unsur hara yang optimal oleh tanaman akan merangsang pertumbuhan akar dan

meningkatkan efisiensi fotosintesis (Anhar *et al.*, 2017). Kombinasi dari kedua faktor ini akan memberikan peningkatan berat kering tanaman. Penelitian ini mengotomatiskan proses pemberian nutrisi tanaman dengan menggunakan pupuk organik cair daun gamal yang telah diolah dengan teknologi gelembung nano. Proses teknologi gelembung nano ini menghasilkan partikel berukuran nano yang diperkirakan memiliki luas permukaan yang lebih besar, sehingga meningkatkan kemampuan dalam melarutkan dan menyerap nutrisi.

Pemberian nutrisi otomatis pada tanaman hidroponik akan mengoptimalkan pertumbuhan tanaman. Nutrisi yang diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman akan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal yang menyebabkan proses pembelahan, pembesaran dan pemanjangan sel akan berlangsung dengan cepat yang mengakibatkan beberapa organ tanaman tumbuh dengan cepat. Sayuran organik ramah lingkungan karena menggunakan pupuk organik dan sumber daya alam (Fevria *et al.*, 2021)

## Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) berbasis sensor NPK pada sistem hidroponik memberikan peningkatan yang signifikan terhadap pertumbuhan bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) dibandingkan metode manual. Peningkatan ini terlihat pada parameter tinggi tanaman, luas daun, berat basah, dan berat kering tanaman yang lebih tinggi pada sistem otomatis. Teknologi IoT memungkinkan pemberian nutrisi secara real-time dan optimal, sehingga efisiensi dalam pertanian hidroponik dapat tercapai. Selain itu, otomatisasi ini mendukung keberlanjutan sektor pertanian dengan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Hasil penelitian ini menunjukkan potensi besar IoT untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian modern, terutama dalam sistem hidroponik yang berorientasi pada efisiensi dan produktivitas.

## 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

- Adidrana, D., & Surantha, N. (2019). Hydroponic Nutrient Control System based on Internet of Things and K-Nearest Neighbors. In 2019 International Conference on Computer, Control, Informatics and its Applications (*IC3INA*). 1(1):166-171.  
<https://doi.org/10.1109/IC3INA48034.2019.8949585>
- 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.
- 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.
- Badan Pusat Statistik. (2021). Jumlah Konsumsi dan Produksi Bayam. Bidang Pertanian Hortikultura. Jakarta: BPS – Statistics Indonesia. Badan Pusat Statistik. [bps.go.id](https://bps.go.id)
- Dahlianah, I., Emilia, I., & Utpalasri, R. L. (2021). Respon Pertumbuhan Tanaman Sawi Pagoda (*Brassica narinosa* L.) Dengan Substitusi Poc Sampah Rumah Tangga Sistem Hidroponik Rakit Apung. *Jurnal Agrotek Tropika*, 9(2), 337-344.  
<http://dx.doi.org/10.23960/jat.v9i2.4859>
- Daniel, L. E. P., Mahmudin, A., & Auliasari, K. (2020). Penerapan IoT (Internet of Thing) Terhadap Sistem Pendeteksi Kesuburan Tanah pada Lahan Perkebunan. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 4(2), 207-213.  
<https://doi.org/10.36040/jati.v4i2.2678>

- Duaja, M. D. (2012). Pengaruh Bahan Dan Dosis Kompos Cair Terhadap Pertumbuhan Selada (*Lactuca sativa* sp.) (The Effect Of Material And Dosages Of Liquid Organic Fertilizers On Lettuce (*Lactuca sativa* Sp.) Growth). *Bioplantae*, 1(1).
- Fevria, R., dkk. (2021). Comparison of Nutritional Content of Spinach (*Amaranthus gangeticus* L.) Cultivated Hydroponically and Non-Hydroponically. *Eksakta*. 22(1). <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1940/1/012049>
- Fevria, R., Aliciafarma, S., Vauzia, & 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, 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*, ABSR 32 (pp. 297–303). [http://dx.doi.org/10.2991/978-94-6463-166-1\\_39](http://dx.doi.org/10.2991/978-94-6463-166-1_39)
- Hanum, Chairani. (2008). *Teknik Budidaya Tanaman Jilid 1*. Jakarta. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- Irwan, A. W., & Wicaksono, F. Y. (2017). Perbandingan pengukuran luas daun kedelai dengan metode gravimetri, regresi dan scanner. *Jurnal Kultivasi*, 16(3) <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v16i3.14448>
- Marginingsih, R. S., Nugroho, A. S., & Dzakiy, M. A. (2018). Pengaruh Substitusi Pupuk Organik Cair Pada Nutrisi AB mix terhadap Pertumbuhan Caisim (*Brassica juncea* L.) pada Hidroponik Drip Irrigation System. *Biologi Dan Pembelajarannya*, 5(1), 44–51. <https://doi.org/10.29407/jbp.v5i1.12034>
- Nugroho, W. S. (2015). Penetapan standar warna daun sebagai upaya identifikasi status hara (N) tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada Tanah Regosol. *Planta Tropika*, 3(1), 8-15. <https://doi.org/10.18196/pt.2015.034.8-15>
- Pu'u, YMSW & Mutiara, C. (2018). Ragam Tanaman In Situ sebagai Pupuk Organik Di Kecamatan Detusoko dan Kelimutu Kabupaten Ende. *Jurnal Bioindustri*, vol. 1, no.1, hh. 27-34. <https://doi.org/10.31326/jbio.v1i1.91>
- Rahmawati, L., Salfina, & Agustina, E. (2017). Pengaruh Pupuk Organik Cair Kulit Pisang Terhadap Pertumbuhan Selada (*Lactuca sativa*). *Seminar Nasional Biotik*, 5(1), 296–301. <http://dx.doi.org/10.22373/pbio.v5i1.2165>
- Sari., I.P., & Batubara., I.H. (2020). “Aplikasi Berbasis Teknologi Raspberry Pi Dalam Manajemen Kehadiran Siswa Berbasis Pengenalan Wajah”. *JMPDMT 1* (4), 6. <https://doi.org/10.30596/jmp-dmt.v1i4.9377>
- Sari, R. P., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Pengaruh Ecoenzym Terhadap Tingkat Keawetan Buah Anggur Merah dan Anggur Hitam. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 6(2), 70–75 <https://doi.org/10.24252/higiene.v6i2.12239>
- Sihotang, R. H., D. Zulfitra, dan A.M. Sirojul. (2013). Pengaruh Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Hijau Pada Tanah Aluvial. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian*, 2(1): 1-10. <https://doi.org/10.26418/jspe.v2i1.2395>
- Smith, J., & Brown, A. (2019). *Nutrient Distribution and Plant Growth Efficiency*. Plant Science Press.
- Syarifuddin. A.(2018). Pengatur Suhu dan Kelembaban Otomatis Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet of Things,J. *TeknoSAINS*, vol. 01, no. 01, pp. 1–14.
- Veda, J., Rivai, M., & Suwito, S. (2022). Sistem Kontrol dan Monitoring Pemupukan NPK Tanaman dengan Mikrokontroler ESP32. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3), A184-A189. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v11i3.93954>
- Zhang, W., & Lee, K. (2021). *Effect of Tools on Crop Yield and Productivity: A Statistical Review*. *Agricultural Research Journal*.