

Implementation of pH and TDS Sensor Automation Systems on Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Growth in Hydroponic Cultivation

Gusti Dinia Putri¹, Resti Fevria^{1,2*}, Vauzia¹, Violita¹

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

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

Article History

Received : November 30th, 2025

Revised : December 17th, 2025

Accepted : December 20th, 2025

*Corresponding Author: **Resti Fevria**, Program Studi Bioteknologi dan Agroteknologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;
Email: restifevria@fmipa.unp.ac.id

Abstract: Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is a vegetable commodity that is currently in high demand because it has many health benefits. Hydroponic cultivation is a method that can improve lettuce growth by utilizing IoT based pH and TDS sensors. This study aims to compare lettuce growth in hydroponic cultivation by applying Internet of Things (IoT)-based pH and TDS sensors and manual methods. The method used was an experimental method by comparing the average of two treatments, namely the use of IoT-based pH and TDS sensors and the manual method, with each treatment consisting of nine replicates. The results showed that the application of IoT sensors had a significant effect on increasing plant height, leaf area, wet weight, and dry weight. IoT technology can improve efficiency and productivity in hydroponic systems because the sensors can maintain a stable balance of nutrients and acidity in the solution, resulting in better plant growth. These findings indicate that the application of IoT has great potential in supporting sustainable agriculture, while also providing benefits in the form of increased production efficiency and resource savings.

Keywords: Hydroponics, IoT sensors, lettuce, nano.

Pendahuluan

Sayuran adalah salah satu hasil pertanian yang sering dikonsumsi oleh masyarakat, baik di daerah pedesaan maupun perkotaan. Pertumbuhan jumlah penduduk dan meningkatnya jumlah sayuran yang dikonsumsi setiap orang menyebabkan kebutuhan sayuran juga semakin bertambah (Sulistyowati & Nurhasanah, 2021). Salah satu komoditas sayuran yang banyak diminati saat ini adalah selada. Selada umumnya dimakan mentah, baik dalam bentuk salad maupun lalapan (Sumiahadi *et al.*, 2024).

Selada (*Lactuca sativa* L.) adalah tanaman termasuk dalam keluarga Asteraceae atau Compositae (Manurung, 2022). Selada memiliki banyak manfaat untuk kesehatan tubuh karena begitu banyak zat penting, seperti berbagai vitamin, penangkal radikal bebas, mineral (Lubis, 2018). Selain itu, selada keriting bisa membantu memperbaiki organ dalam, mencegah terjadinya panas dalam, memperbaiki proses

metabolisme tubuh, menyehatkan rambut, mencegah kulit menjadi kering, serta bisa mengatasi insomnia (Saidi *et al.*, 2021).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, konsumsi selada di Indonesia meningkat dari 686.875 ton per kapita pada tahun 2023 menjadi 688.595 ton pada tahun 2024. Namun, peningkatan konsumsi tersebut tidak diimbangi dengan ketersediaan lahan pertanian yang memadai. Luas lahan pertanian di Indonesia mengalami penurunan dari 69.190 ha pada tahun 2023 menjadi 68.944 ha pada tahun 2024 akibat konversi lahan untuk keperluan perumahan dan industri. Kondisi ini menyebabkan kebutuhan masyarakat belum dapat sepenuhnya terpenuhi (BPS, 2024).

Solusi untuk keterbatasan lahan dapat dicapai dengan menerapkan budidaya hidroponik (Fevria *et al.*, 2023). Teknik pertanian ini menggunakan air, bukan tanah sebagai media (Roidah, 2014). Bata merah, rockwool, kerikil, arang sekam padi, dan bahan-bahan lainnya dapat digunakan untuk menggantikan tanah.

Tanaman membutuhkan sedikit air, meskipun sistem hidroponik menggunakan air. Memastikan kecukupan nutrisi tanaman dalam larutan merupakan komponen penting dari sistem budidaya hidroponik (Fevria *et al.*, 2023).

Fevria *et al.*, (2021) menyebutkan beberapa keunggulan pertanian hidroponik, termasuk keberlanjutan sepanjang tahun, membutuhkan lebih sedikit tenaga kerja, lebih mudah dikelola, dan menghasilkan produk yang lebih bersih dan berkualitas tinggi. Dalam hidroponik terdapat banyak sistem sistem yang dapat dimanfaatkan dalam berbudidaya seperti sistem NFT (Nutrient Film Technique). Untuk menciptakan lapisan nutrisi yang melapisi permukaan akar tanaman, sistem ini menggunakan aliran air tipis yang mengalir perlahan melalui saluran yang dangkal dan sempit. Larutan pupuk yang secara terus menerus mengalir di atas permukaan akar memberikan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman (Alviani, 2015).

Campuran AB adalah pupuk yang paling sering digunakan. Nutrisi makro dan mikro lengkap terdapat dalam AB, sebuah larutan nutrisi. Namun penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus kurang efektif serta harganya cukup mahal. Oleh karena itu, diperlukan sumber nutrisi alternatif yang mampu mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Kasturi *et al.*, 2022). POC bisa digunakan sebagai larutan nutrisi hidroponik, tetapi agar kebutuhan unsur hara tanaman benar-benar tercukupi, POC perlu dikombinasikan dengan AB Mix karena POC saja belum memiliki kandungan hara yang lengkap (Miranti *et al.*, 2023).

Sejumlah penelitian telah meneliti bagaimana teknologi gelembung mikro POC mempengaruhi pertumbuhan tanaman seperti pakcoy. Teknologi ini mengurangi gelembung oksigen berskala nano (Razak *et al.*, 2025). Pada penelitian Afrilisia *et al.*, (2025) menunjukkan bahwa POC berbahan dasar *Sargassum* dengan teknologi gelembung nano dapat meningkatkan kualitas pertumbuhan pakcoy dengan hasil terbaik diperoleh pada perlakuan kedua. Temuan serupa juga dilakukan oleh Alqaramah *et al.*, (2025) yang menggunakan POC berbahan dasar *Tithonia*, hasil terbaik untuk tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah, dan berat kering diperoleh pada perlakuan kedua.

Sementara itu penelitian oleh Tazri *et al.*, (2025) menggunakan POC dari daun gamal dan memperoleh hasil terbaik pada perlakuan ketiga,

dimana POC daun gamal dapat menyumbangkan hingga 50% konsentrasi nutrisi yang dibutuhkan tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan POC daun gamal teknologi nano mampu menyeimbangkan efektivitas campuran AB Mix sintetis dalam menyediakan nutrisi, sehingga berpotensi menjadi sumber nutrisi alternatif yang mendukung pertumbuhan tanaman optimal.

Pertumbuhan tanaman tergantung kadar ppm dan pH pada larutan. Ketika pH tidak berada dalam kisaran ideal, tanaman tidak dapat menyerap nutrisi esensial secara efektif. Selain itu, spesies tanaman yang berbeda membutuhkan kondisi pH yang spesifik untuk pertumbuhan yang optimal (Dzikriansyah *et al.*, 2017). Pada tanaman selada pH yang sesuai berkisar antara 6–7, sedangkan kebutuhan nutrisinya berada pada rentang 560–840 ppm (Damayanti, 2017).

Sebagian besar petani masih menerapkan metode konvensional untuk memantau dan menyesuaikan nilai pH serta kadar nutrisi pada tanaman yaitu dengan melakukan pengecekan pH air dan nutrisi secara rutin menggunakan pH meter dan TDS meter. Metode ini kurang efisien karena membutuhkan waktu, tenaga, dan keterampilan dalam proses pemantauan serta pengaturan pH dan nutrisi pada sistem hidroponik (Nahdi *et al.*, 2019).

Cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mengimplementasikan sistem kontrol yang dapat mengatur secara otomatis menggunakan Internet of Things. Sistem mampu memantau dan mengubah pH serta jumlah nutrisi di dalam tendon secara independen, dan juga dapat dikelola dari jarak jauh (Santoso, 2024). Sensor pH berfungsi mengukur perubahan tingkat keasaman air pada sistem hidroponik, sementara sensor TDS analog digunakan untuk memantau variasi kadar nutrisi dalam larutan hidroponik (Pamungkas *et al.*, 2021). Penelitian tentang "Implementasi sistem otomatisasi sensor pH dan TDS untuk pertumbuhan selada (*Lactuca sativa* L.) dalam pertanian hidroponik" diperlukan, sesuai dengan uraian latar belakang.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari bulan Juni-Oktober 2025 di Blasta Hidroponik dan Laboratorium penelitian biologi FMIPA UNP.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk

membandingkan 2 rata-rata perlakuan. Masing-masing perlakuan terdiri dari 9 ulangan tanaman selada.

P1 = AB Mix 50% + POC nano 50% (Pakai Sensor)

P2 = AB Mix 50% + POC nano 50% (Tanpa Sensor)

Penggunaan larutan nutrisi pada kedua perlakuan didasarkan pada tingkat kepekatan nutrisi (ppm), bukan pada konsentrasi volume yang digunakan. Larutan AB mix disiapkan pada kadar 400 ppm, begitu juga POC disetarakan pada 400 ppm dengan volume masing-masing 120 mL untuk AB mix dan 900 mL untuk POC pada 30 L air. Perbedaan utama antara kedua perlakuan terletak pada penggunaan sensor dan tanpa penggunaan sensor.

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan sistem hidroponik NFT yang pada tandon 1 dilengkapi dengan sensor pH dan TDS berbasis IoT sedangkan tandon 2 menggunakan pH meter dan TDS untuk memantau dan mengendalikan nutrisi tanaman. Peralatan yang dimanfaatkan antara lain nutrisi hidroponik AB Mix, larutan POC daun Gamal, benih selada, kain flanel, rockwool sebagai media tanam, dan air.

Parameter Pengukuran

Tinggi Tanaman (cm)

Tinggi tanaman selada tertinggi diukur pada 5 minggu setelah tanam (mst) saat penelitian berakhir. Penggaris digunakan untuk mengukur jarak dari pangkal batang tanaman ke titik terjauh pada daun tertinggi.

Luas Daun (cm²)

Pengukuran luas daun tanaman dilakukan lima minggu setelah penanaman (mst). Semua daun tanaman ditimbang untuk mengetahui luasnya dengan menggunakan rumus yang tepat. Namun, dalam metode ini, dua daun pertama yang tumbuh saat proses perkecambahan tidak disertakan dalam perhitungan luas daun. Penelitian yang dilakukan oleh Irwan (2017) menyebutkan bahwa metode gravimetri, menggunakan rumus perhitungan daun, dapat digunakan rumus pada persamaan 1.

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

Berat Basah (g)

Setelah tanaman tumbuh selama 5 (mst) setiap komponen tanaman, meliputi akar, batang, dan daun, dikaji untuk menentukan beratnya saat masih basah.

Berat Kering (g)

Ketika tanaman selada telah tumbuh selama 5 (mst) semua bagian di keringkan untuk mengukur berat kering. Metode pengamatan ini melibatkan pengeringan seluruh tanaman akar, batang, dan daun di dalam oven dengan suhu 60°C selama 48 jam. Metode ini digunakan hingga massa tanaman tidak berubah secara signifikan atau mencapai kondisi berat konstan.

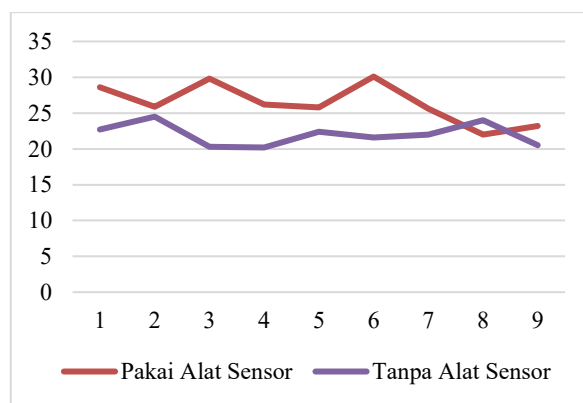
Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengamatan dianalisis menggunakan uji-t tidak berpasangan (*Independent t-test*). Analisis ini dilakukan dengan bantuan aplikasi SPSS versi 26 (*Statistical Package for the Social Sciences*) pada tingkat signifikansi 5%.

Hasil dan Pembahasan

Tinggi Tanaman (cm)

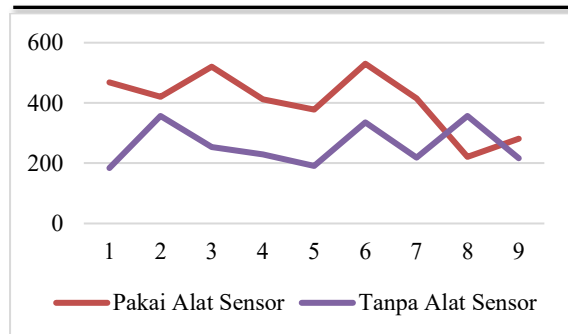
Gambar 1. menunjukkan variasi tinggi rata-rata tanaman selada dari dua perlakuan yang menggunakan dan tidak menggunakan sensor.



Gambar 1. Variasi tinggi tanaman selada

Luas Daun (cm²)

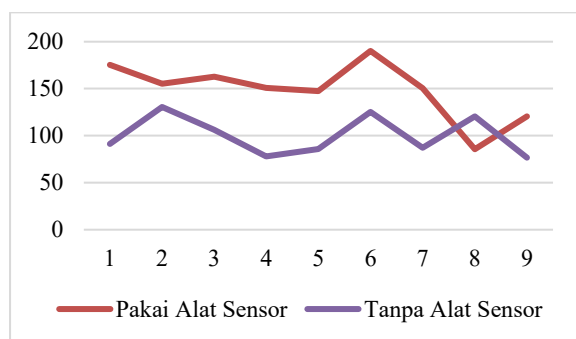
Gambar 2. menunjukkan variasi luas daun rata-rata tanaman selada dari dua perlakuan yang menggunakan dan tidak menggunakan sensor.



Gambar 2. Variasi luas daun tanaman selada

Berat Basah

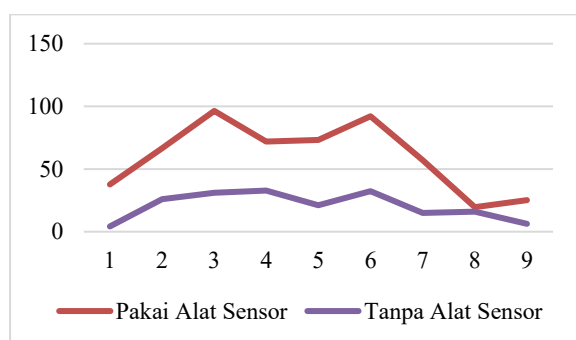
Gambar 3. menunjukkan variasi berat basah rata-rata tanaman selada dari dua perlakuan yang menggunakan dan tidak menggunakan sensor.



Gambar 3. Variasi berat basah tanaman selada

Berat Kering

Gambar 4. menunjukkan variasi berat kering rata-rata tanaman selada dari dua perlakuan yang menggunakan dan tidak menggunakan sensor.



Gambar 4. Variasi berat kering tanaman selada

Pembahasan

Tinggi Tanaman

Peningkatan tinggi tanaman terjadi sebagai hasil dari bertambahnya proses pembelahan dan pemanjangan sel, yang dipicu oleh ketersediaan asimilat yang semakin

meningkat. Tinggi tanaman berperan dalam menilai pertumbuhan serta mengevaluasi pengaruh berbagai perlakuan dalam suatu percobaan maupun respons tanaman terhadap kondisi lingkungan (Wahyudi *et al.*, 2023).

Berdasarkan hasil penelitian dari uji-T tidak berpasangan pada tinggi rata-rata tanaman selada. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai $T_{hitung} (4,101) > T_{Tabel} (2,120)$ hipotesis H_1 diterima dan hipotesis H_0 ditolak, kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan SPSS. Diperoleh $p = 0,001 < 0,05$ yang berarti bahwa perlakuan dengan alat sensor memberikan pengaruh yang nyata. Sistem otomatis sensor pH dan TDS mampu meningkatkan efisiensi dalam memonitor dan mengatur keseimbangan nutrisi serta pH, sehingga menunjang pertumbuhan tanaman secara lebih optimal.

Peningkatan tinggi tanaman umumnya mencerminkan kondisi pertumbuhan yang optimal, terutama ketika tanaman memperoleh kecukupan unsur hara, air, serta lingkungan tumbuh yang mendukung. Di sisi lain, jika tanaman berukuran kecil atau tampak tidak tumbuh dengan baik, bisa jadi ada masalah, seperti kekurangan nutrisi, kekurangan air, atau hama dan penyakit yang menyerang (Prakoso & Luqman, 2024).

Luas Daun

Luas daun yang lebih besar umumnya mencerminkan aktivitas fotosintesis yang lebih cepat sehingga membuat produksi fotosintat semakin meningkat (Vauzia *et al.*, 2019). Fotosintat tersebut kemudian dimanfaatkan untuk pembentukan sel dan jaringan tanaman, sehingga mendorong percepatan pertumbuhan serta perkembangan organ seperti daun (Apriansa *et al.*, 2021).

Berdasarkan hasil penelitian terhadap luas daun tanaman selada dengan menggunakan uji-T tidak berpasangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai $T_{hitung} (3,512) > T_{Tabel} (2,120)$, maka hipotesis H_0 ditolak dengan H_1 diterima sehingga dilakukan uji lanjut SPSS. Diperoleh $p = 0,003 < 0,05$ yang mengindikasikan bahwa perlakuan dengan menggunakan alat memberikan pengaruh yang nyata dibandingkan dengan tanaman pada perlakuan manual. Hal ini terjadi karena pada alat keseimbangan nutrisi yang selalu stabil sehingga pembentukan bagian daun yang rata berlangsung lebih baik. Kestabilan pH dan ketersediaan nutrisi makro maupun mikro dari larutan nutrisi sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan luas daun.

Penelitian ini juga mendukung temuan Violita (2017) yang menyatakan bahwa salah satu unsur terpenting bagi pertumbuhan tanaman adalah nitrogen. Unsur ini terlibat dalam banyak proses metabolisme, terutama penting untuk produksi klorofil selama fotosintesis. Unsur ini berpartisipasi dalam berbagai aktivitas metabolisme, terutama dalam proses fotosintesis, di mana ia berperan sebagai bagian penting dari pembentukan klorofil. Ketika tanaman mengalami kekurangan makro nutrisi, proses fotosintesis akan melambat, sehingga menghambat pembentukan daun yang optimal. Kondisi ini pada akhirnya menyebabkan luas daun juga kurang optimal (Suseno & Widyawati, 2020).

Berat Basah

Berat basah tanaman mencerminkan akumulasi bahan-bahan yang disintesis melalui fotosintesis selama pertumbuhan, yang menunjukkan bahwa penyerapan hara telah mencukupi. Ketika tanaman tumbuh lebih tinggi, biasanya mereka memiliki lebih banyak daun, yang membantu mereka mendapatkan lebih banyak berat segar. Hal ini terjadi karena lebih banyak karbohidrat yang dihasilkan selama proses asimilasi, sehingga menghasilkan massa tanaman segar yang lebih besar (Endang, 2007). Faktor pertumbuhan lainnya seperti tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, panjang daun, ukuran akar, dan tingkat klorofil berhubungan dengan peningkatan berat segar tanaman (Lestari *et al.*, 2022). Jumlah oksigen dan nutrisi dalam sel jaringan tanaman memengaruhi berat basah (Marginingsih *et al.*, 2018).

Berdasarkan hasil penelitian terhadap berat basah tanaman selada dengan menggunakan uji-T tidak berpasangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai T_{hitung} (3,935) > T_{tabel} (2,120) hipotesis H_1 diterima dan hipotesis H_0 ditolak, kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan SPSS. Diperoleh $p = 0,001 < 0,05$ yang mengindikasikan bahwa penggunaan alat sensor pH dan TDS berpengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan berat basah tanaman selada.

Telah terbukti bahwa penerapan sistem otomatis menggunakan sensor pH dan TDS berbasis IoT menghasilkan peningkatan laju pertumbuhan dan kualitas keseluruhan sayuran yang dibudidayakan secara hidroponik. Peningkatan ini disebabkan oleh pengamatan langsung terhadap bagaimana nutrisi disuplai. Sistem ini memudahkan pemberian nutrisi serta

air sesuai dengan kebutuhan tanaman, sehingga tidak terbuang percuma. Selain mengurangi biaya, hal ini juga membantu mendorong praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan (Juhariah, 2024).

Berat Kering

Berat kering adalah hasil penjumlahan dari bahan-bahan yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, seperti protein, karbohidrat, dan lemak (Nurhayati *et al.*, 2022). Menurut Ariyanti *et al.*, (2018) tanaman yang mempunyai berat kering lebih tinggi akan lebih mampu menyerap unsur hara, sehingga pertumbuhannya pun lebih baik. Berdasarkan hasil penelitian terhadap luas daun tanaman selada dengan menggunakan uji-T tidak berpasangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai T_{hitung} (3,998) > T_{tabel} (2,120) hipotesis H_1 diterima dan hipotesis H_0 ditolak, kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan SPSS. Diperoleh $p = 0,001 < 0,05$ yang mengindikasikan bahwa penggunaan alat sensor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap berat kering tanaman selada. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Nurrohman *et al.*, (2014) bahwa nutrisi yang seimbang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman yang juga berpengaruh dalam laju fotosintesis serta kenaikan berat kering tanaman.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi POC daun gamal dengan sistem otomatisasi sensor pH dan TDS berbasis Internet of Things (IoT) telah terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan selada. Hal ini terjadi karena pada alat keseimbangan nutrisi dan keasamaan larutan yang selalu stabil sehingga pertumbuhan tanaman berlangsung lebih baik. Kondisi lingkungan yang stabil dan memenuhi kebutuhan tanaman dapat dipertahankan melalui sensor yang terhubung ke sistem IoT. Tanaman yang tumbuh di lingkungan yang stabil akan memiliki kualitas yang lebih baik. Risiko penyakit dan hambatan pertumbuhan lainnya juga dapat dikurangi dengan kontrol pH dan kadar nutrisi yang lebih tepat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang kepada Ibu Dr. Resti Fevria, S.TP., MP atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan

artikel ini. Ucapan terima kasih untuk semua rekan-rekan telah berpartisipasi dan mendukung penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Referensi

- Afrilisia, L., Fevria, R., Vauzia, V., & Razak, A. (2025). Influence of Sargassum POC and Nano Bubble Technology on Hydroponic Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Quality. *Jurnal Biologi Tropis*, 25 (1), 257 – 262. DOI: <http://doi.org/10.29303/jbt.v25i1.8374>
- Alviani, P. (2015). *Bertanam hidroponik untuk pemula*. Jakarta: Bibit publisher.
- Alqaramah, R., Fevria, R., Vauzia, V., & Razak, A. (2025). Influence of Tithonia POC and Nano Bubble Technology on Hydroponic Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Quality. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(2), 1384 – 1391. DOI: <http://doi.org/10.29303/jbt.v25i2.8782>
- Apriansa, S., Zulfitra, D., & Maulidi, M. (2021). Pengaruh Kombinasi Kapur Dolomit dan POC Batang Pisang terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi pada Tanah Gambut. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 11(1). <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jspp/article/view/50797>
- Ariyanti, M., Suherman, C., Rosniawaty, S., & Franscyscus, A. (2018). Pengaruh volume dan frekuensi pemberian air cucian beras terhadap pertumbuhan bibit tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell.) klon GT 1. *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 6(2), 114-123. <http://journal.unwim.ac.id/index.php/paspalum>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Hortikultura*. Jakarta: BPS Statistics Indonesia. bps.go.id
- Endang. (2007). Pengaruh Takaran Pupuk Organik dan Pupuk Nitrogen terhadap Pertumbuhan Vegetatif Mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal Agrowagati*, 3(1), 30-35.
- Fevria, R., Farma, S. A., Edwin, E., & Purnamasari, D. (2021). Comparison of nutritional content of spinach (*Amaranthus gangeticus* L.) cultivated hydroponically and non-hydroponically. *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 22(1), 46–53. DOI : <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol21-iss2/243>
- Fevria, R., Razak, A., Syah, N., & Kamal, E. (2023). Application of Nanotechnology Liquid Organic Fertilizer in Sustainable Hydroponic Cultivation for Urban Food Security. *Science & Technology Asia*, 295-304. <https://tcithaijo.org/index.php/SciTechAsia>
- Fevria, R., Vauzia, V., Farma, S. A., & Edwin, E. (2023, May). Effect of ecoenzyme addition on vitamin C levels of spinach (*Amaranthus* sp.) cultivate hydroponically. In *3rd International Conference on Biology, Science and Education (IcoBioSE 2021)* (pp. 224-230). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-166-1_30
- Damayanti, A. (2017). Analisis Usaha Tani Selada Sistem Hidroponik Dengan Sistem NFT di Kecamatan Tenggarong Seberang. *Jurnal Magrobis*, 17(1), 34-46.
- Dzikriansyah, F. F., Hudaya, R., & Nurhaeti, C. W. (2017, July). Sistem Kendali Berbasis PID untuk Nutrisi Tanaman Hidroponik. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 8, pp. 621-626). DOI: <https://doi.org/10.35313/irwns.v8i3.667>
- Juhariah, J., Hidayati, N., & Setiyowati, R. (2024). Aplikasi Internet of Things dalam Budidaya Tanaman Sayuran Bayam dan Selada secara Hidroponik. In *Prosiding Seminar Nasional Amikom Surakarta*, 2, 313-319.
- Kasturi, I., Santoso, B. B., & Anugrahwati, D. R. (2022). Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Pada Berbagai Kombinasi Nutrisi Tanaman Sistem Hidroponik. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 1(2), 113-121. DOI: <https://doi.org/10.29303/jima.v1i2.1443>
- Lestari, I. A., Rahayu, A., & Mulyaningsih, Y. (2022). Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) pada berbagai media tanam dan konsentrasi nutrisi pada sistem hidroponik Nutrient Film Technique (NFT). *Jurnal Agronida*, 8(1), 31-39. DOI: <https://doi.org/10.30997/jag.v8i1.5625>
- Lubis J. (2018). Pengaruh Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L) Pada Sistem Hidroponik NFT dengan Berbagai Konsentrasi Pupuk AB Mix dan Bayfolan”. Medan : Universitas Medan Area.

- Lontoh, D. G., Paulus, J. M., Doodoh, B., Rogi, J. E. X., Sompotan, S., & Wanget, S. A. (2024). Pemberian Pupuk Organik Cair Daun Gamal (Poc) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kailan (*Brassica oleracea* var. Acephala). *Eugenia*, 30(1), 14–21.
 DOI: <https://doi.org/10.35791/eug.v30i1.57940>
- Miranti, P. A., Budi, S., & Nurjani, N. (2023). Pengaruh Kombinasi Ab Mix dan Poc Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada Secara Hidroponik Wick System. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(3), 337.
<http://dx.doi.org/10.26418/jspe.v12i3.62124>
- Nahdi, M. A., Putro, T. Y., & Sudarsa, Y. (2019, August). Sistem pemantauan dan kendali suhu nutrisi tanaman hidroponik berbasis IoT. *In Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 10(1), 201–207.
 DOI: <https://doi.org/10.35313/irwns.v10i1.1390>
- Nurhayati, N., Asrorudin, A., & Erviana, W. (2022). Pengaruh POC Daun Gamal Terhadap Pertumbuhan Bibit Batang Bawah Karet (*Hevea brasiliensis* Muella Arg) Klon PB 260. *Journal of Agro Plantation (JAP)*, 1(2), 84–92. DOI : <https://doi.org/10.58466/jap.v1i2.1243>
- Nurrohman, M., A. Suryanto dan P. W. Karuniawan. 2014. Penggunaan fermentasi ekstrak paitan (*Tithonia diversifolia* L.) dan kotoran kelinci cair sebagai sumber hara pada budidaya sawi (*Brassica juncea* L.) secara hidroponik rakit apung. *J. Produksi Tanaman*. 2(8), 649–657.
- Pamungkas, L., Rahardjo, P., & Agung, I. G. A. P. R. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Hidroponik Nft (Nurtient Film Tehcnique) Berbasis Iot. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, 8(2).
- Prillyani, I., Purbajanti, E. D., & Budiyanto, S. (2020). Pertumbuhan dan produksi selada merah (*Lactuca sativa* var. *crispa*) pada teknik hidroponik yang diberi nutrisi ekstrak azolla dan daun gamal. *Journal of Agro Complex*, 4(2), 89–96.
 DOI: <https://doi.org/10.14710/joac.4.2.89-96>
- Prakoso, T. (2024). Respon Jarak Tanam Dan Dosis Urea Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* saccharata. Sturt). *Jurnal Pertanian Agros*, 26(2), 1214–1221.
- Razak, A., Fevria, R., & Mutira, S. (2025). Penerapan Kontrol Poc Teknologi Nano dengan Smartphone Berbasis IoT di Andalas Hidroponik Farm. *Pelita Eksakta*, 8(01), 45–50. DOI: [10.24036/pelitaeksakta/vol8-iss01/264](https://doi.org/10.24036/pelitaeksakta/vol8-iss01/264)
- Roidah, I. S. (2014). Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. *Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo*, 1(2), 43–50.
- Saidi, I. A., Azara, R., & Yanti, E. (2021). *Buku Ajar Pasca Panen dan Pengolahan Sayuran Daun*. Sidoarjo : UMSIDA PRESS. ISBN : 978 623-6292-21-1
- Santoso, L. H., Anwari, A., & Nurjanah, R. (2024). Sistem Pengendalian Tanaman Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique) Selada (*Lactuca Sativa*) Berbasis Iot Dan Pemanfaatan Sumber Energi Surya Sebagai Energi Cadangan: Studi Kasus: Proyek P2L Di Desa Cilembu. INFOTEX: *Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Teknik*, 2(2), 49–62.
- Sulistyowati, L., & Nurhasanah, N. (2021). Analisa dosis AB Mix Terhadap Nilai TDS dan pertumbuhan pakcoy secara hidroponik. *Jambura Agribusiness Journal*, 3(1), 28–36.
- Sumiahadi, A., Wulandari, Y. A., Putri, D. (2024). Studi Karakteristik Morfologi Beberapa Varietas Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) Hasil Introduksi. *Jurnal Agroteknologi*, 14(2), 73– 80. DOI : [10.24014/ja.v14i2.22476](https://doi.org/10.24014/ja.v14i2.22476)
- Suseno & Widyawati, N. (2020). Pengaruh Nilai EC Berbagai Pupuk Cair Majemuk Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Kangkung Darat Pada Soilless Culture. *Jurnal Penelitian Agronomi* 22(1), 12–15.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.20961/agsjpa.v22i1.32510>
- 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: <http://doi.org/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), 155–160.
- Violita. (2017). Efisiensi penggunaan nitrogen (Nue) dan resorpsi nitrogen pada hutan taman nasional bukit duabelas dan perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. *Bioscience*. 1(1), 8-17. DOI: 10.24036/020171171850-00.
- Wahyudi, I., Widiaraso, B., & Yulies, U. S. Uji Banding Pengaruh Pupuk Kotoran Ayam dan Tanpa Pupuk terhadap Sifat Fisika Tanah Sawah dan Produksi Padi di Desa Sungai Awan Kanan Kecamatan Muara Pawan Kabupaten Ketapang. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(4), 778-795. DOI : <http://dx.doi.org/10.26418/jspe.v12i4.6271>