

**PENGUNAAN POC DAUN GAMAL (*Gliricidia sepium* Jacq.)
TEKNOLOGI NANO DENGAN SENSOR pH DAN TDS
UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN
SELADA HIJAU (*Lactuca sativa* L.) PADA
SISTEM HIDROPONIK DFT**



**QURATUL AINI
NIM. 22032144/2022**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

**PENGUNAAN POC DAUN GAMAL (*Gliricidia sepium* Jacq.)
TEKNOLOGI NANO DENGAN SENSOR pH DAN TDS
UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN
SELADA HIJAU (*Lactuca sativa* L.) PADA
SISTEM HIDROPONIK DFT**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains*



**QURATUL AINI
NIM. 22032144/2022**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

PERSETUJUAN SKRIPSI

**PENGUNAAN POC DAUN GAMAL (*Gliricidia sepium* Jacq.)
TEKNOLOGI NANO DENGAN SENSOR pH DAN TDS
UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN
SELADA HIJAU (*Lactuca sativa* L.) PADA
SISTEM HIDROPONIK DFT**

Nama : Quratul Aini
Nim : 22032144
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 12 Januari 2026

Mengetahui
Ketua Departemen Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed
NIP.19508152006042001

Disetujui oleh
Pembimbing



Dr. Resti Fevria, S.TP., MP
NIP.197407202006042003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Quratul Aini
NIM : 22032144
Program Studi : Biologi
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**PENGUNAAN POC DAUN GAMAL (*Gliricidia sepium* Jacq.)
TEKNOLOGI NANO DENGAN SENSOR pH DAN TDS
UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN
SELADA HIJAU (*Lactuca sativa* L.)
PADA SISTEM HIDROPONIK**

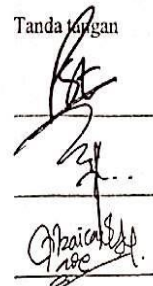
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 28 Januari 2026

Tim Penguji

	Nama
Ketua	: Dr. Resti Fevria, S.TP., MP
Anggota	: Reki Kardiman, Ph.D
Anggota	: Dr. Filza Yulina Ade, S.Si., M.Si

Tanda Tangan



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Quratul Aini
NIM/TM : 22032144/2022
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul “Penggunaan POC daun Gamal (*Gliricidia sepium* Jacq.) Teknologi Nano dengan Sensor pH dan TDS untuk Meningkatkan Pertumbuhan Selada Hijau (*Lactuca sativa* L.) Pada Sistem Hidroponik DFT” adalah benar merupakan karya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota Masyarakat ilmiah.

Padang, 28 Januari 2026

Mengetahui:
Kepala Departemen Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M. Biomed
NIP. 197508152006042001

Saya yang menyatakan,



Quratul Aini
NIM. 22032144

**Penggunaan POC Daun Gamal (*Gliricidia sepium* Jacq.) Teknologi Nano
dengan Sensor pH dan TDS untuk Meningkatkan Pertumbuhan Selada
Hijau (*Lactuca sativa* L.) pada Sistem Hidroponik DFT**

Quratul Aini

ABSTRAK

Selada hijau (*Lactuca sativa* L.) merupakan sayuran yang populer karena memiliki warna, tekstur, serta aroma yang menyegarkan tampilan makanan. Tanaman ini dapat dibudidayakan di daerah lembab, dingin, daratan rendah dan daratan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman selada hijau pada sistem hidroponik DFT.

Penelitian ini dilaksanakan di SMK PP (Pertanian Pembangunan) Negeri Padang dan Laboratorium Penelitian Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang dari Juli hingga Desember 2025, dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan masing-masing 2 perlakuan dan 9 ulangan. Data dianalisis menggunakan uji-t independen pada perangkat lunak SPSS dengan taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sensor pH dan TDS secara signifikan meningkatkan rata-rata antara lain tinggi tanaman 32,44 cm, jumlah daun 23,66 helai, luas daun 422,8 cm², berat basah 236,4 g dan berat kering 23,41 g, sedangkan penggunaan tanpa sensor pH dan TDS memiliki rata-rata antara lain tinggi tanaman 28,66 cm, jumlah daun 17,77 helai, luas daun 354,6 cm², berat basah 206,6 g dan berat kering 15,95 g. Penggunaan alat sensor pH dan TDS berbasis IoT terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi produktivitas sistem hidroponik DFT dengan memberikan nutrisi secara real-time sesuai dengan kebutuhan tanaman dibandingkan tanpa menggunakan alat sensor pH dan TDS.

Kata kunci: Hidroponik, Selada Hijau, IoT, Sensor pH dan TDS

Padang, 12 Januari 2026

Mengetahui,
Kepala Departemen Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M. Biomed
NIP. 197508152006042001

Disetujui Oleh,
Dosen Pembimbing



Dr. Resti Fervia, S.TP., MP
NIP. 197407202006042003

Penggunaan POC daun Gamal (*Gliricidia sepium* Jacq.) Teknologi Nano dengan Sensor pH dan TDS untuk Meningkatkan Pertumbuhan Selada Hijau (*Lactuca sativa* L.) pada Sistem Hidroponik DFT

Quratul Aini

ABSTRAK

Selada hijau (*Lactuca sativa* L.) merupakan sayuran yang populer karena memiliki warna, tekstur, serta aroma yang menyegarkan tampilan makanan. Tanaman ini dapat dibudidayakan di daerah lembab, dingin, daratan rendah dan daratan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman selada hijau pada sistem hidroponik DFT.

Penelitian ini dilaksanakan di SMK PP (Pertanian Pembangunan) Negeri Padang dan Laboratorium Penelitian Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang dari Juli hingga Desember 2025, dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan masing-masing 2 perlakuan dan 9 ulangan. Data dianalisis menggunakan uji-t indenpenden pada perangkat lunak SPSS dengan taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sensor pH dan TDS secara signifikan meningkatkan rata-rata antara lain tinggi tanaman 32,44 cm, jumlah daun 23,66 helai, luas daun 422,8 cm², berat basah 236,4 g dan berat kering 23,41 g, sedangkan penggunaan tanpa sensor pH dan TDS memiliki rata-rata antara lain tinggi tanaman 28,66 cm, jumlah daun 17,77 helai, luas daun 354,6 cm², berat basah 206,6 g dan berat kering 15,95 g. Penggunaan alat sensor pH dan TDS berbasis IoT terbukti efektif dalam meningkatkan efesiensi produktifitas sestem hidroponik DFT dengan memberikan nutrisi secara real-time sesuai dengan kebutuhan tanaman dibandingkan tanpa menggunakan alat sensor pH dan TDS.

Kata kunci: Hidroponik, Selada Hijau, IoT, Sensor pH dan TDS

**Application of Gamal Leaf Organic Fertilizer (*Gliricidia sepium* Jacq.)
Nanotechnology with pH and TDS Sensors to Enhance the Growth of
Green Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a DFT Hydroponic System**

Quratul Aini

ABSTRACT

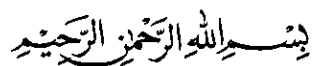
Green lettuce (*Lactuca sativa* L.) is a popular vegetable due to its color, texture, and refreshing aroma. This plant can be cultivated in humid and cool areas, both in lowlands and highlands. Lettuce leaves also vary in shape, size, and color depending on the variety. This study aims to compare the use of POC nanotechnology with IoT-based pH and TDS sensors to optimize the growth of green lettuce plants in a hydroponic system.

This research was conducted at SMK PP (Agricultural Development) Negeri Padang and the Biology Research Laboratory, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Padang State University, from July to December 2025, using a Completely Randomized Design (CRD) with two treatments and nine replications. Data were analyzed using an independent t-test in SPSS software at a 5% significance level.

The results showed that the use of pH and TDS sensors significantly increased the average plant height of 32.44 cm, the number of leaves of 23.66, the leaf area of 422.8 cm², the wet weight of 236.4 g and the dry weight of 23.41 g, while the use without pH and TDS sensors had an average plant height of 28.66 cm, the number of leaves of 17.77, the leaf area of 354.6 cm², the wet weight of 206.6 g and the dry weight of 15.95 g. The use of IoT-based pH and TDS sensors has proven effective in increasing the efficiency of DFT hydroponic system productivity by providing nutrients in real-time according to plant needs compared to without using pH and TDS sensors.

Keywords: Hydroponics, Green Lettuce, IoT, pH and TDS Sensors

KATA PENGANTAR



Puji dan Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan penyelesaian skripsi yang berjudul “Penggunaan POC Daun Gamal (*Gliricidia sepium* Jacq.) Teknologi Nano Dengan Sensor pH dan TDS Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Selada Hijau (*Lactuca sativa* L.) Pada Sistem Hidroponik DFT”. Shalawat beserta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Resti Fevria, S.TP, MP selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan waktu, pikiran dan tenaga untuk membimbing dan mengarahkan penulis dengan sangat sabar dalam memberikan arahan dalam penyelesaian skripsi.
2. Bapak Reki Kardiman, Ph.D dan Ibu Dr. Filza Yulina Ade, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan, saran dan kritikan untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.
3. Vivi Veronica, S.TP., S.Pd.I selaku Pembimbing Penelitian di SMK Pertanian Pembangunan Negeri Padang yang telah membantu dalam kelancaran pelaksanaan penelitian.

4. Ibu Dr. Dwi Hilda S.Si., M. Biomed, selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Yusni Atifah, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dari awal perkuliahan sampai saat ini, serta memberikan arahan dalam menyelesaikan syarat-syarat skripsi.
6. Bapak dan Ibu Dosen Staf Jurusan Biologi yang telah membantu kelancaran penulisan skripsi.
7. Cinta pertamaku, Ayahanda Yunafri tercinta, Terima kasih ayah telah berperan baik dalam kehidupanku. Terima kasih atas segala kerja keras yang tak pernah ayah keluhkan, atas teladan tangguh yang ayah hadirkan, dan atas cinta yang mungkin tak banyak ayah ucapkan namun selalu nyata dalam tindakan. Terima kasih telah menjadi tokoh favorit yang menjadi penyemangat bagi penulis.
8. Pintu surgaku, Ibunda Sulaini tercinta, Terimakasih ibu karena sudah menjadi ibu yang sangat sangat hebat. Terimakasih atas segala kasih sayang dan pelukan hangat yang selalu ibu utarakan ketika penulis membuat kesalahan. Terimakasih sudah begitu menyayangiku, selalu berada disampingku dan selalu menjadi ibu yang terbaik untuk penulis. Terimakasih atas kasih sayang yang tak pernah berkurang meski waktu berjalan.
9. Kedua adikku tercinta, Rafaelyan dan Reyhan Ramadhan yang selalu memberikan semangat dan mendoakan aku. Terima kasih telah menjadi adik yang pengertian, yang selalu bisa membuat aku tersenyum.

10. Sahabat, sekaligus rekan penelitian saya, Annisa Mardaniyah yang tidak pernah lelah menemani, berbagi cerita, selalu memberikan semangat, berbagi ilmu, berkerja sama dan sama-sama berjuang sehingga skripsi ini bisa selesai tepat waktu.
11. Sahabat saya, Ica, Nia, Maya, Inca, dan Dila yang tidak pernah lelah menemani, berbagi cerita, berbagi ilmu, berkerja sama dan sama-sama berjuang sehingga skripsi ini bisa selesai tepat waktu.
12. Rekan penelitian saya, Amel, Lastri yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta membantu setiap kesulitan penulis sehingga skripsi ini bisa selesai tepat waktu.

Semoga bantuan bimbingan dan dukungan yang telah Bapak/Ibu serta rekan-rekan berikan menjadi amal ibadah dan mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi semua orang yang membacanya.

Padang, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Tujuan Penelitian	8
D. Hipotesis Penelitian.....	9
E. Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
A. Tanaman Selada Hijau (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	10
B. Hidroponik	12
C. Internet of Things (IOT).....	15
D. Sensor pH dan TDS.....	17
E. Pupuk Organik Cair (POC) Daun Gamal.....	19
F. Teknologi Nano.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
A. Jenis Penelitian.....	24
B. Waktu dan Tempat Penelitian	24
C. Alat dan Bahan.....	25
D. Rancangan Penelitian	26
E. Prosedur Penelitian.....	27
F. Analisis Data	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Hasil Penelitian	30
B. Pembahasan.....	33
1. Tinggi Tanaman	33
2. Jumlah Daun.....	36
3. Luas Daun.....	39

4. Berat Basah.....	41
5. Berat kering	43
BAB V PENUTUP.....	46
A. Kesimpulan	46
B. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Selada Hijau (<i>Lactuca sativa</i> L.)	12
2. Daun Gamal (<i>Glicidia sepium</i> Jacq.)	20
3. Lokasi Penelitian	25

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rata-rata tinggi tanaman selada hijau (<i>Lactuca sativa</i> L.)	31
2. Rata-rata jumlah daun tanaman selada hijau (<i>Lactuca sativa</i> L.)	32
3. Rata-rata luas daun tanaman selada hijau (<i>Lactuca sativa</i> L.)	32
4. Rata-rata berat basah tanaman selada hijau (<i>Lactuca sativa</i> L.)	33
5. Rata-rata berat kering tanaman selada hijau (<i>Lactuca sativa</i> L.)	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data pengukuran tanaman selada hijau	53
2. Perhitungan SPSS data pengukuran tanaman selada hijau	57
3. Hidroponik sistem DFT (<i>Deep Flow Technique</i>)	60
4. Perbedaan hasil pertumbuhan tanaman selada hijau	60
5. Dokumentasi kegiatan	61

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Peningkatan pesat populasi global dan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya mengonsumsi sayuran segar telah mendorong kemajuan metode pertanian kontemporer, efektif, dan ramah lingkungan. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa populasi Indonesia diproyeksikan mencapai sekitar 278,696 juta jiwa pada tahun 2023, meningkat menjadi sekitar 281,603 juta jiwa pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik, 2024). Tanaman selada dipilih dalam penelitian ini karena popularitasnya sebagai sayuran hijau yang mudah ditanam, responsif terhadap nutrisi, serta memiliki potensi besar untuk dikembangkan secara hidroponik. Pendekatan ini juga lebih efektif dalam memanfaatkan air, nutrisi, dan ruang untuk tumbuh, sehingga ideal untuk digunakan di kota-kota padat penduduk dan wilayah dengan ketersediaan lahan terbatas (Widodo *et al.*, 2021).

Selada hijau (*Lactuca sativa* L.) adalah sayuran berdaun yang dibudidayakan secara luas karena masa panennya yang relatif singkat dan manfaat nutrisinya yang signifikan, terutama sebagai sumber serat, vitamin A, dan vitamin K. Sebagai tanaman hortikultura, selada hijau sangat cocok ditanam pada sistem hidroponik. Tanaman selada termasuk komoditas hortikultura dengan siklus pertumbuhan yang relatif pendek namun memiliki nilai ekonomi yang cukup besar, karena cukup sensitif terhadap perubahan kecil dalam larutan nutrisi (Gunawan, 2022). Ketidakstabilan produksi

tanaman selada dipengaruhi oleh berbagai faktor patogen, seperti serangan hama dan penyakit tanaman, misalnya busuk akar dan infeksi jamur, yang dapat menurunkan kualitas hasil panen. Di sisi lain, kebutuhan pangan masyarakat khususnya terhadap sayuran dan buah-buahan, terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi. Kondisi ini tidak diimbangi dengan lahan pertanian yang memadai, karena luas pertanian cenderung semakin menyempit, terutama di wilayah perkotaan. Oleh karena itu, diperlukan solusi alternatif yang dapat mengatasi keterbatasan lahan sekaligus menjaga produktivitas tanaman, salah satunya melalui penerapan sistem hidroponik (Roidah, 2014).

Hidroponik adalah teknik budidaya yang menggunakan air sebagai media pertumbuhan. Hidroponik dapat diterapkan di lahan kecil dan menghasilkan hasil yang signifikan. Pertanian hidroponik harus diadopsi untuk menghasilkan pangan yang melimpah demi ketahanan pangan jangka panjang, terutama di wilayah perkotaan (Fevria *et al.*, 2023). Hidroponik memberikan banyak manfaat, termasuk budidaya berkelanjutan, peningkatan kualitas produk, kebersihan tanaman terjamin, pemupukan yang lebih efektif, pertanian bebas pestisida, dan pengurangan kebutuhan tenaga kerja (Fevria, 2021). Pertanian hidroponik didefinisikan oleh pemanfaatan ruang terbatas, metodologi pertanian kontemporer atau intensif, ketersediaan wawasan pasar, dan peningkatan efisiensi produksi, lahan, dan ruang melalui bantuan teknologi (Fevria *et al.*, 2023). menjadikan berbagai metode hidroponik dikembangkan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan tanaman dan kondisi lingkungan

setempat, termasuk teknik yang memaksimalkan aliran nutrisi terhadap akar tanaman secara terus-menerus sehingga pertumbuhan dapat lebih stabil dan produktif (Saputro *et al.*, 2020).

Metode yang dipakai dalam hidroponik salah satunya adalah metode *Deep Flow Technique* (DFT). DFT adalah metode dimana akar tanaman ditempatkan dalam larutan nutrisi dengan kedalaman sekitar 4-6 cm, dan larutan tersebut terus bergerak, sehingga akar selalu terendam dan mendapatkan nutrisi, oksigen, serta air secara stabil (Yuniarti *et al.*, 2023). Metode ini menggunakan larutan nutrisi tanaman yang bersirkulasi dalam sistem tertutup. Pompa air menarik campuran nutrisi dari wadah penyimpanannya dan memindahkannya melalui jaringan pipa ke wadah tanaman, kemudian campuran nutrisi dari wadah tanaman dikembalikan ke wadah penyimpanan menggunakan pompa. Kedalaman air sekitar 4 hingga 6 cm. Pompa akan terus-menerus mengalirkan air, yang mengandung nutrisi penting bagi tanaman. Metode DFT memiliki kelebihan berupa ketersediaan cairan kaya nutrisi yang konsisten, sehingga mendukung pertumbuhan akar dan efisiensi fotosintesis yang menjamin tanaman tetap terhidrasi bahkan ketika listrik padam berkat pasokan nutrisi yang tersimpan di dalam pompa. Salah satu kelemahan metode ini adalah pemanfaatan nutrisi yang kurang efektif, dan berpotensi menjadi tempat berkembang biaknya nyamuk jika pemeriksaan rutin dan perawatan tabung diabaikan (Harsono, 2020).

Nutrisi hidroponik yang umum digunakan untuk tanaman selada adalah nutrisi AB mix. Larutan ini terdiri dari dua larutan terpisah, yaitu larutan A dan larutan B, yang tidak boleh dicampur dalam kondisi pekat karena dapat

bereaksi dan mengendap. Larutan A mengandung Kalsium (Ca), Nitrogen (N), Besi (Fe), dan larutan B mengandung fosfor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg), Sulfur (S) serta unsur mikro seperti Mn, Zn, Cu, B, Mo (Hidayanti & Kartika, 2019). Walaupun nutrisi AB mix bagus untuk pertumbuhan tanaman selada, nutrisi ini juga memiliki kekurangan yaitu harganya relatif mahal, serta ada kandungan kimia dalam pupuk ini yang di khawatirkan akan berdampak pencemaran lingkungan. Dengan demikian, diperlukan alternatif nutrisi untuk mengurangi penggunaan larutan AB mix, salah satunya melalui pemanfaatan pupuk organik cair (POC) sebagai nutrisi tambahan (Masluki *et al.*, 2015).

Berdasarkan penelitian Fevria *et al.*, (2023) menyatakan bahwa pupuk organik cair berbasis teknologi nano dapat meningkatkan efektivitas penyerapan unsur hara tanaman hingga 65–70%, karena ukuran partikel nano memungkinkan pergerakan nutrisi yang lebih optimal dan terkontrol di dalam media tanam. Kandungan nutrisi POC daun gamal, baik makro maupun mikro, mudah diserap tanaman karena bentuknya yang terurai, terbukti lebih efisien daripada pupuk kimia sintetis (Sihotang *et al.*, 2013).

Menurut Razak, (2021) penggunaan teknologi nano mampu memperkecil partikel hingga skala nanometer. Gambaran untuk skala nanometer tersebut. ukuran 1 nanometer sama dengan 1×10^{-9} meter, ini berarti lebih kecil dari diameter sehelai rambut manusia yaitu sekitar 50.000 kali lebih kecil dari diameter sehelai rambut manusia. Didokumentasikan bahwa gelembung-gelembung dengan ukuran lebih kecil dari 100 mikrometer dapat bertahan di lingkungan air selama berminggu-minggu (Azevedo *et al.*, 2016). Teknologi nanobubble membantu menghilangkan pengotor yang terdapat dalam tanah

dan air, memperpanjang kesegaran sayuran yang dipanen, meningkatkan volume dan atribut unggulan hasil pertanian, serta meningkatkan efektivitas ekonomi secara keseluruhan (Ariningsih, 2016).

Penggunaan POC dengan teknologi nano sebagai alternatif nutrisi dalam sistem hidroponik telah banyak dilakukan pada berbagai bahan dasar tanaman. Berdasarkan penelitian terdahulu oleh Alqaramah *et al.*, (2025) menggunakan POC dari daun paitan (*Tithonia diversifolia*) dengan teknologi nanonubble terhadap tanaman pakcoy. Hasil terbaik untuk perumbuhan pakcoy pada kombinasi 75% Ab mix + 25 % POC nano. Temuan ini mengindikasikan bahwa kandungan nutrisi dalam POC belum mampu sepenuhnya menggantikan peran AB mix. Hal ini menegaskan bahwa sinergi antara nutrisi anorganik dan organik masih diperlukan untuk mendukung pertumbuhan pakcoy secara maksimal.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Tazri *et al.*, (2025) menggunakan POC dari daun Gamal (*Gliricidia sepium*) dengan teknologi nanobubble terhadap tanaman pakcoy, didapatkan hasil terbaik untuk pertumbuhan pakcoy yaitu pada kombinasi 50% Ab mix + 50 POC nano. Kombinasi ini dinilai mampu menciptakan keseimbangan antara pemenuhan unsur hara anorganik dan organik, sehingga kebutuhan nutrisi tanaman dapat terpenuhi secara optimal tanpa mengurangi efisiensi pertumbuhan.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa POC daun gamal memiliki potensi paling besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi utama dalam sistem hidroponik dibandingkan POC berbahan daun paitan maupun rumput laut. Pada perlakuan POC gamal, kombinasi 50% AB

mix dan 50% POC mampu menunjukkan keseimbangan nutrisi yang optimal, menandakan bahwa kandungan unsur hara organik dari daun gamal dapat menggantikan sebagian besar peran pupuk anorganik. Temuan ini berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya, di mana penggunaan POC dari bahan lain masih memerlukan proporsi AB mix yang lebih tinggi untuk mencapai pertumbuhan tanaman yang optimal. Dengan demikian, POC daun gamal berpotensi menjadi alternatif nutrisi yang lebih efisien dan berkelanjutan dalam budidaya hidroponik.

Pemberian nutrisi dalam hidroponik dilakukan secara manual dengan menggunakan alat *Total Dissolved Solids* (TDS), selain itu penggunaan pH meter juga dilakukan untuk pengontrolan kadar asam dan basa pada nutrisi hidroponik. pH ideal untuk menanam selada berkisar antara 5,5 dan 6,5, dan kadar TDS terbaik berkisar antara 800-1200 ppm, yang dapat bervariasi tergantung pada tahap pertumbuhan tanaman (Gunawan & Arifianto, 2022).

Pengecekan konsentrasi nutrisi sering memerlukan penyesuaian berulang-ulang sampai konsentrasinya sesuai dan optimal. Proses manual ini kurang efektif digunakan karena membutuhkan waktu yang sedikit lama dan tenaga serta kedisiplinan yang tinggi (Adridana *et al.*, 2019). Untuk mengatasi masalah tersebut, dalam penelitian ini menggunakan alat sensor pH dan TDS yang merupakan inovasi dalam bentuk otomatisasi berbasis Internet of Things (IoT).

Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT), seperti sensor pH dan TDS, dalam sistem hidroponik telah mengubah cara petani mengamati dan mengendalikan tanaman mereka. Petani dapat memperoleh data dari jarak jauh

melalui sensor yang terhubung ke platform atau aplikasi daring, seperti Blynk. Pemanfaatan IoT dapat meningkatkan presisi pemantauan, meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi, serta meminimalkan keterlibatan manual, sehingga menjadikannya pilihan yang sangat baik untuk pertanian, terutama di tingkat rumah tangga atau usaha kecil (Faisal *et al.*, 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan penggunaan POC teknologi nano dengan sensor pH dan TDS lalu dibandingkan dengan tanpa penggunaan alat sensor pH dan TDS untuk mengoptimalkan tanaman selada pada sistem hidroponik. Penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan peningkatan efisiensi dan produktivitas budidaya hidroponik, terkhusus pada pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat basah, dan berat kering tanaman. Selain itu penggunaan POC teknologi nano dengan alat sensor ini diharapkan terjadi peningkatan yang lebih baik pada hasil pertanian dan pengurangan biaya produksi, terkhusus bagi petani hidroponik.

B. Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat pengaruh penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan tinggi tanaman selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT?
2. Apakah terdapat pengaruh penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan jumlah daun selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT?
3. Apakah terdapat pengaruh penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan luas daun selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT?

4. Apakah terdapat pengaruh penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan berat basah selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT?
5. Apakah terdapat pengaruh penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan berat kering selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan tinggi tanaman selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT?
2. Mengetahui pengaruh penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan jumlah daun selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT?
3. Mengetahui pengaruh Penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan luas daun selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT?
4. Mengetahui pengaruh penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan berat basah selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT?
5. Mengetahui pengaruh penggunaan POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan berat kering selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT?

D. Hipotesis Penelitian

1. Terdapat pengaruh POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan tinggi tanaman selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT.
2. Terdapat pengaruh POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan jumlah daun selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT.
3. Terdapat pengaruh POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan luas daun selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT.
4. Terdapat pengaruh POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan berat basah selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT.
5. Terdapat pengaruh POC daun gamal teknologi nano dengan sensor pH dan TDS untuk meningkatkan berat kering selada hijau (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik DFT.

E. Manfaat Penelitian

1. Menambah ilmu pengetahuan bagi pembaca dan pelaku hidroponik.
2. Memberikan informasi tentang Penggunaan POC Daun Gamal (*Gliricidia sepium* Jacq.) Teknologi Nano dengan Sensor pH dan TDS untuk Meningkatkan Pertumbuhan Selada Hijau (*Lactuca sativa* L.) pada Sistem Hidroponik DFT.
3. Dapat digunakan sebagai acuan dan informasi bagi peneliti selanjutnya.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pemberian POC daun Gamal teknologi nano menggunakan alat sensor pH dan TDS berpengaruh terhadap tinggi tanaman Selada hijau dengan rata-rata 32,444 cm, dibandingkan tanpa menggunakan alat sensor pH dan TDS dengan rata-rata 28,666 cm.
2. Pemberian POC daun Gamal teknologi nano menggunakan alat sensor pH dan TDS berpengaruh terhadap jumlah daun Selada hijau dengan rata-rata 23,666 cm, dibandingkan tanpa menggunakan alat sensor pH dan TDS dengan rata-rata 17,777 cm.
3. Pemberian POC daun Gamal teknologi nano menggunakan alat sensor pH dan TDS berpengaruh terhadap luas daun Selada hijau dengan rata-rata 422,888 cm², dibandingkan tanpa menggunakan alat sensor pH dan TDS dengan rata-rata 354,603 cm².
4. Pemberian POC daun Gamal teknologi nano menggunakan alat sensor pH dan TDS berpengaruh terhadap berat basah Selada hijau dengan rata-rata 236,442 gram, dibandingkan tanpa menggunakan alat sensor pH dan TDS dengan rata-rata 206,620 gram.
5. Pemberian POC daun Gamal teknologi nano menggunakan alat sensor pH dan TDS berpengaruh terhadap berat kering Selada hijau dengan rata-rata

23,412 gram, dibandingkan tanpa menggunakan alat sensor pH dan TDS dengan rata-rata 15,958 gram.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka disarankan perlu dilakukan penelitian tentang kandungan klorofil serta vitamin dari tanaman Selada yang dibudidayakan secara hidroponik. Selain itu, perlu dilakukan pengamatan terhadap parameter lingkungan, seperti intensitas cahaya dan kelembapan udara untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif dan mendalam mengenai faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan tanaman selada hijau dalam sistem hidroponik DFT.

DAFTAR PUSTAKA

- 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).
- Agustina, N., Rachmat, H. H., & Syahputra, R. (2021). Sistem Monitoring dan Kontrol IoT Berbasis Android untuk Budidaya Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode NFT. *Jurnal Inovtek Polbeng - Seri Informatika*, 6(2), 78–86.
- 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.
- Andrian, R., Agustiansyah, A., & Lestari, D. I. (2022). Aplikasi Pengukuran Luas Daun Tanaman Menggunakan Pengolahan Citra Digital Berbasis Android. *Jurnal Agrotropika*. 21(2) : 115-123
- Ariningsih, E. 2016. Prospek Penerapan Teknologi Nano dalam Pertanian dan Pengolahan Pangan di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 34(1): 1- 20.
- Asmawati, A., Palmasari, B., & Handoko, L. D. (2022). Pengaruh takaran pupuk organik kotoran ayam dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan tanaman jagung hibrida (*Zea mays* L.). *Klorofil: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Agroteknologi*.
- Azevedo, A., Etchepare, R., Calgaroto, S., & Rubio, J. (2016). Aqueous Dispersions of Nanobubbles: Generation, Properties and Features. *Minerals Engineering*, 94(2), 29-37.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Produksi Tanaman Sayuran Sawi*. Bidang Pertanian Hortikultura. Jakarta: BPS Statistics Indonesia. Badan Pusat Statistik. bps.go.id
- Boe, J. C. (2022). Pembuatan Pupuk dari Tanaman Gamal dan Pengaruhnya terhadap Tanaman Kangkung Darat. *Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(3), 150-155.
- Chuzaini, F., & Dzulkiflih, D. (2022). IoT monitoring kualitas air dengan menggunakan sensor suhu, pH, dan total dissolved solids (TDS). *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 11(3), 46-56.
- Duaja, W. (2012). Pengaruh Pupuk Urea, Pupuk Organik Padat dan Cair Kotoran Ayam Terhadap Sifat Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Selada Keriting di Tanah Inceptisol. *Bioplantae*, 1(4), 236–246.
- Elevitch, C. R., & Francis, J. K. (2006). *Gliricidia sepium* (gliricidia), Fabaceae (Legume Family). *Species Profiles For Pacific Island Agroforestry*

- Fahmi, K., Yusnizar, Y., & Sufardi, S. (2022). Pengaruh Konsentrasi Larutan Hara AB Mix Terhadap Pertumbuhan Sawi Hijau Pada Media Cocopeat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(1), 677-686.
- Faisal, M., Bachtiar, A. N., & Darwis, M. (2025). IoT implementation for hydroponic water monitoring using web-based pH and TDS sensors with Node-Red. *JISA (Jurnal Informatika dan Sains)*, 8(1), 81–91.
- Febriani, A. G., Minadji Pribadi, E., & Samudra, B. E. (2024). *Effect of Different Nutrient Concentrations on Growth of Curly Lettuce in NFT and DFT Systems*. *Journal of Smart Agriculture and Environmental Technology*, 2(1).
<https://josaet.com/index.php/smartagrienvitech/article/view/74>
- Fevria, R., dkk. 2021. Comparison of Nutritional Content of Spinach (*Amaranthus gangeticus* L.) Cultivated Hydroponically and Non-Hydroponically. *Eksakta*. 22(1).
- 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).
- Gupta, K & Johari, R . (2019). 'IOT based Electrical Device Surveillance and Control System', 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), 1–5.
- Gunawan, R., & Arifianto, M. (2022). Respon selada terhadap variasi konsentrasi TDS pada sistem NFT. *Jurnal Teknologi Pertanian Modern*, 10(3), 221–229.
- Gregoryan, M., Andjarwirawan, J., & Lim, R. (2019). Sistem Kontrol dan Monitoring PH Air serta Kepekatan Nutrisi pada Budidaya Hidroponik Jenis Sayur dengan Teknik Deep Flow Techcnique. *Jurnal Infra*, 7(2), 1-6.
- Hadi, S., Sari, N. K., & Lestari, D. P. (2021). Aplikasi teknologi nano dalam bidang pertanian dan lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 9(1), 23–30.
- Handoko, A., & Rizki, A.M. (2020). Buku Ajar: Fisiologi Tumbuhan. Program Studi Pendidikan Biologi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. UIN Raden Intan. Lampung.
- Harsono, B. (2020). Sistem Hidroponik Berbasis Internet Of Things. *Dielektrika*, 7(2), 82.
- Hidayanti, L., & Kartika, T. (2019). Pengaruh nutrisi AB Mix terhadap pertumbuhan tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) secara hidroponik. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 16(2), 166-175.
- Huda, I., Fitriana, F., Setyawan, H., & Nugroho, A. B. (2023). Design of hydroponic system using NFT method for lettuce. *Fidelity : Jurnal Teknik Elektro*.

- Irwan, A. W., & Wicaksono, F. Y. (2017). Perbandingan pengukuran luas daun kedelai dengan metode gravimetri, regresi dan scanner. *Jurnal Kultivasi*, 16(3).
- Jauharah, N. (2020). Nanobubble: Teknologi Masa Depan Perikanan Budidaya. Dipetik Maret 15, 2023, dari <https://www.agroindustrie.id>
- Lambers, H., Chapin, F.S., & Pons, T.L. (2017). *Plant Physiological Ecology* (3rd ed.). Springer.
- Masluki., Naim, M., & Mutmainnah. 2015. Pemanfaatan pupuk organik cair (POC) pada lahan sawah melalui sistem mina padi. Prosiding Seminar Nasional. 2(1): 866-896.
- Nugraha, H. F. (2017).TA: Pengaturan Air dan Nutrisi Secara Otomatis pada Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino (Doctoral dissertation, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya).
- Nur, M. 2019. Analisis Potensi Limbah Buah-Buahan Sebagai Pupuk Organik Cair. Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gajah Mada Yogyakarta, UIN Sultan –[Syarif Kasim. Riau.
- Novriani, D. (2014). *Budidaya Tanaman Sayuran Dataran Tinggi dan Rendah*. Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Novriani. (2014). Respon tanaman selada (*Lactuca sativa* L) terhadap pemberian pupuk organik cair asal sampah organik pasar. *Klorofil*, 9(2), 57–61.
- Oktaviani, M., Fevria, R., Vauzia, A., & Razak, A. (2025). The Effect of NPK Based Sensors on Hydroponic Growth of Caisim Plants (*Brassica Chinensis* var. *Parachinensis*). *Jurnal Biologi Tropis*, 25(2), 1426–1432.
- Oviyanti, F., Syarifah., & Hidayah Nurul. 2016. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Daun Gamal (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *jurnal Biota*. 2(1): 61-66.
- Paulus, J. M., Najooan, J., Supit, P. C., & Tiwow, D. S. (2020). Aplikasi POC (Pupuk Organik Cair) Daun Gamal Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis Berbasis Organik. *Jurnal Pengembangan Penyuluhan Pertanian*, 17(31), 38-45.
- Purba, A., Setiawan, A., & Pratama, R. (2019). Pengaruh pemberian pupuk AB Mix dan pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terung ungu pada sistem hidroponik wick. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 10(3), 98-104. <https://doi.org/10.1234/jhorti.v10i3.112>
- Rahmawati, L., Salfina, & Agustina, E. (2017). Pengaruh Pupuk Organik Cair Kulit Pisang Terhadap Pertumbuhan Selada (*Lactuca sativa*). *Seminar Nasional Biotik*, 5(1), 296–301.
- Rantung, L. E., Lengkey, L. C. C. E., & Wenur, F. (2020). Analisis kualitas selada (*Lactuca sativa* L.) yang ditanam pada dua media selama penyimpanan

- dingin. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(1).
<https://doi.org/10.35791/jteta.v11i1.29985>
- Razak, A. 2021. Ekonanobioteknologi: konsep pendekatan pengembangan bidang kajian zoologidan ekologi hewan. Padang: Universitas Negeri Padang Repository.
- Rizal, S. 2017. Pengaruh Nutrisi yang diberikan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang ditanam Secara Hidroponik. Palembang. Vol. 14 (1) : 38-44
- Rusly, M., & Rahman, D. Y. (2023). Perkembangan penerapan nanoteknologi pada bidang pertanian. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (Jupiter)*, 10(1).
- Roidah, I. S. (2014). Pemanfaatan lahan dengan menggunakan sistem hidroponik. *Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo*, 1(2), 43-49.
- Saparinto, C. 2013, Grow Your Own Vegetables-Panduan Praktis Menanam 14 Sayuran Konsumsi Populer di Pekarangan. Penebar Swadaya. Yogyakarta. 180 hal.
- Saputro, J. S., Latifa, U., & Ramelan, A. (2020). Design of Nutrition Automation on Lactuca sativa NFT Hydroponic Systems. *Journal of Electrical, Electronic, Information, and Communication Technology*, 2(1), 14–17.
- Saraswati, A. W. (2022). Nanobubble: Gelembung Udara Pulihkan Kualitas Air. Dipetik Maret 15, 2023, dari <http://greeneration.org>
- Sayekti, R.S., Prajitno, D. & Indradewa, D. (2016). Pengaruh pemanfaatan pupuk kandang dan kompos terhadap pertumbuhan kangkung (*Ipomea retans*) dan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) pada sistem akuaponik. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 17(2), 108-117.
- Sihotang, R. H., D. Zulfita, 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.
- Silvester, Napitupulu, M., & Sujalu, A.P. (2013). Pengaruh pemberian pupuk kandang ayam dan pupuk urea terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kailan (*Brassica oleraceae* L.). *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 12(2), 206-211.
<http://ejurnal.untag-smd.ac.id/index.php/AG/article/view/353>
- Susanti, H., Zaenurrohman, & Purwanto, R. (2023). Development of a hydroponic system using ATmega2560 microcontroller with automatic nutrition and pH settings for lettuce. *Jurnal E-Komtek*, 7(1), 1170.
<https://doi.org/10.37339/e-komtek.v7i1.1170>
- Sunarjono, H. (2014). *Teknologi Budidaya Sayuran Daun di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Setiawan, F., & Santoso, B. (2025). *IoT implementation for Adjustment Automatic pH and TDS/EC Parameters on the System Hydroponics Lettuce*. *Applied Science and Technology Research Journal*, 4 (1), 43–53. <https://doi.org/10.31316/astro.v4i1.7878>
- Syahrul, M., Arsyad, A., & Hafid, H. (2023). Pengaruh nilai pH dan EC terhadap pertumbuhan tanaman hidroponik. *Jurnal Agroteknologi Terapan*, 7(1), 44–50.
- Taufanapri, Maha, Putra, Dyka. 2018. “Pengendalian PH dan EC pada Larutan Nutrisi Hidroponik Tomat Ceri.” Diakses May 17, 2022.
- Tazri, MI, Fevria, R., Vauzia, V., & Razak, A. (2025). Pengaruh Teknologi Nanobubble POC Daun Gamal Terhadap Mutu Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Dalam Hidroponik. *Jurnal Biologi Tropis*, 25 (2), 1446-1451.
- 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.
- Violita. (2017). Efisiensi Penggunaan Nitrogen (Nue) Dan Resorpsi Nitrogen Pada Hutan Taman Nasional Bukit Dua belas Dan Perkebunan Kelapa Sawit Di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. *Bioscience*, 1(1), 8–17.
- Warjoto, R. E., Barus, T., & Mulyawan, J. (2021). Pengaruh media tanam terhadap pertumbuhan selada *Lactuca sativa* dalam sistem DFT. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(2), 1610. <https://doi.org/10.25181/jppt.v20i2.1610>
- Widodo, S., Arum, R. H., & Wicaksono, D. (2021). Efektivitas sistem NFT dalam budidaya selada hijau di lahan sempit. *Jurnal Hortikultura Tropika*, 5(2), 101–109.
- Witjaksono, G. S. B., Fachrani, D. K., Samodro, I. F., Hariyono, S. P., Arfi, Z. N. P., & Admanegara, R. C. (2023). Penggunaan Teknologi Tepat Guna Sistem Hidroponik dengan Memanfaatkan Lahan Kosong Di Kelurahan Rembang. *Jurnal Sosiologi Pertanian dan Agribisnis*, 5(2), 43-57.
- Yanuar, F., dan M. Widawati. 2014. Pemanfaatan Nanoteknologi dalam Pengembangan Pupuk dan Pestisida Organik. *Jurnal Litbang Kesehatan*, 2(1): 1-10.
- Yuniarti, E., Wahyuni, E. T., & Kusuma, L. (2023). Analisis Konsep IPA pada Sistem Hidroponik DFT (Deep Flow Technique): IPA Concept Analysis on DFT (Deep Flow Technique) Hydroponic Systems. *Jurnal Sintesis: Penelitian Sains, Terapan dan Analisisnya*, 4(1).
- Zaidy, A. B., Anggoro, A. D., & Kasmawijaya, A. (2021). Pengaruh Penggunaan Nanobubble dalam Transportasi Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Akuatika Indonesia*, 6(2), 50-56