

**SUBSTITUSI PARSIAL NUTRISI AB MIX DENGAN POC
BERTEKNOLOGI NANO DAN *ECO ENZYME* TERHADAP
PERTUMBUHAN SAWI (*Brassica juncea* L.)
PADA SISTEM HIDROPONIK NFT**

(Skripsi)

Oleh

**CHACHA TALITA
2214161031**



**UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

**SUBSTITUSI PARSIAL NUTRISI AB MIX DENGAN POC
BERTEKNOLOGI NANO DAN *ECO ENZYME* TERHADAP
PERTUMBUHAN SAWI (*Brassica juncea* L.)
PADA SISTEM HIDROPONIK NFT**

Oleh

CHACHA TALITA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agronomi dan Hortikultura
Fakultas Pertanian, Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

SUBSTITUSI PARSIAL NUTRISI AB MIX DENGAN POC BERTEKNOLOGI NANO DAN *ECO ENZYME* TERHADAP PERTUMBUHAN SAWI (*Brassica juncea* L.) PADA SISTEM HIDROPONIK NFT

Oleh

CHACHA TALITA

Sistem budidaya secara hidroponik dikenal sebagai sistem bercocok tanam dengan memanfaatkan aliran nutrisi sebagai unsur hara utamanya. Pemanfaatan limbah organik untuk dijadikan pupuk organik cair (POC) dan *eco enzyme* mulai banyak dikembangkan sebagai alternatif dan pelengkap nutrisi pada budidaya dengan sistem hidroponik. Penggunaan POC teknologi nano dan *eco enzyme* dapat memberikan hara pada tanaman serta mencegah pengendapan larutan nutrisi sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik. Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Lapang, Kelurahan Kota Sepang Jaya, Kecamatan Labuhan Ratu, Kota Bandar Lampung. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan nutrisi. Perlakuan diulang sebanyak 6 kali ulangan sehingga diperoleh 24 satuan percobaan. Perlakuan terdiri atas 4 perlakuan, yaitu (P1): 100% AB Mix (Kontrol), (P2): 75% AB Mix + 2 ml/l *eco enzyme*, (P3): 75% AB Mix + 25% POC teknologi nano, (P4): 75% AB Mix + 25% POC teknologi nano + 2 ml/l *eco enzyme*. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa substitusi parsial POC teknologi nano dan *eco enzyme* mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pada sistem hidroponik NFT yang ditunjukkan oleh perlakuan P4 yaitu 25% POC teknologi nano dan *eco enzyme* dengan 75% AB Mix meningkatkan secara nyata pada variabel pengamatan tinggi tanaman, lebar daun, panjang daun, berat segar tanaman, dan panjang akar.

Kata Kunci: Sawi hijau, nutrisi AB Mix, teknologi nano, pupuk organik cair limbah udang, *eco enzyme* kulit nanas, hidroponik NFT

ABSTRACT

PARTIAL SUBSTITUTION OF AB MIX NUTRIENTS WITH NANOTECHNOLOGY POC AND ECO ENZYME ON THE GROWTH OF MUSTARD (*Brassica juncea* L.) IN THE NFT HYDROPONIC SYSTEM

By

CHACHA TALITA

The hydroponic cultivation system are known as farming system that utilize nutrient flow as their primary nutrient. The use of organic waste to produce liquid organic fertilizer and eco enzyme is increasingly being developed as an alternative and nutritional supplement in hydroponic cultivation systems. The use of nano-technology liquid organic fertilizer and eco enzymes can provide nutrients to plants and prevent sedimentation of the nutrient solution, thereby increasing the efficiency of inorganic fertilizer use. This research was conducted at the Field Garden, Kota Sepang Jaya Village, Labuhan Ratu District, Bandar Lampung City. The design used was a Completely Randomized Design (CRD) with four nutrient treatments. The treatments were replicated six times, resulting in 24 experimental units. The treatments consisted of four treatment: (P1): 100% AB Mix (Control), (P2): 75% AB Mix + 2 ml/l eco enzyme, (P3): 75% AB Mix + 25% Nano Technology Organic Fertilizer (POC), and (P4): 75% AB Mix + 25% Nano Technology Organic Fertilizer (POC) + 2 ml/l eco enzyme. The results showed that partial substitution of POC nanotechnology and eco enzyme increased the growth and yield of mustard greens in the NFT hydroponic system. The results showed that the P4 treatment, which included 25% Nano Technology Organic Fertilizer and eco enzyme, combined with 75% AB Mix had better results, namely in the observation variables of plant height, leaf width, leaf length, plant fresh weight, and root length.

Keywords: Mustard, AB Mix nutrients, nanotechnology, liquid organic fertilizer, eco enzyme, NFT hydroponics

Judul Skripsi : SUBSTITUSI PARSIAL NUTRISI AB MIX
DENGAN POC BERTEKNOLOGI NANO DAN
ECO ENZYME TERHADAP PERTUMBUHAN
SAWI (*Brassica juncea* L.) PADA SISTEM
HIDROPONIK NFT

Nama Mahasiswa : Chacha Talita

Nomor Pokok Mahasiswa : 2214161031

Program Studi : Agronomi

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

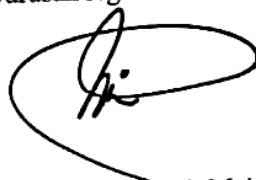


Prof. Ir. Darwin H. Pangaribuan, M.Sc., Ph.D.
NIP 196301311986031004



Dr. Hayane Adeline Warganegara, S.P., M.Si.
NIP 198709082023212034

2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura



Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.
NIP 196603041990122001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Ir. Darwin H. Pangaribuan, M.Sc., Ph.D.



Sekretaris : Dr. Hayane Adeline Warganegara, S.P., M.Si.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Sri Ramadiana, S.P., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 04 Juni 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“SUBSTITUSI PARSIAL NUTRISI AB MIX DENGAN POC BERTEKNOLOGI NANO DAN *ECO ENZYME* TERHADAP PERTUMBUHAN SAWI (*Brassica juncea* L.) PADA SISTEM HIDROPONIK NFT”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 Juni 2026

Penulis,



SPRUAL BBU BUPAN
1000
METERAI
TEMPEL
SAC40AOX056961899

Chacha Talita
2214161031

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Chacha Talita yang lahir di Bandar Lampung pada tanggal 17 Mei 2004. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN 2 Bandar Lampung (2016), sekolah menengah pertama di SMP Perintis 1 Bandar Lampung (2019), dan sekolah menengah atas di SMAN 3 Bandar Lampung (2022).

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, pada tahun 2022 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi seorang mahasiswa, penulis aktif dalam perkuliahan, kegiatan akademik maupun organisasi kampus. Kegiatan akademik yang pernah dilakukan penulis yaitu menjadi asisten praktikum mata kuliah Teknologi Pertanian Organik semester ganjil 2025/2026. Penulis juga aktif dalam organisasi kampus HIMAGRHO sebagai mentor bidang Hubungan Masyarakat periode kepengurusan 2025. Selain itu penulis aktif dalam organisasi UKM Kristen sebagai anggota editor video tim multimedia periode kepengurusan 2024 dan menjadi ketua tim multimedia periode kepengurusan 2025.

Penulis memiliki kegiatan di luar kampus seperti melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kota Gajah, Kecamatan Kota Gajah, Kabupaten Lampung Tengah. Selain itu, penulis juga pernah melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) pada bulan Juli 2025 – Agustus 2025 di PKK Agropark Lampung.

MOTTO

“All difficulties will pass, because God is always with me”
(Chacha Talita)

“Lebih baik tetap melangkah sambil menangis daripada tidak sama sekali”
(Mazmur 126:5-6)

“Segala sesuatu pasti akan berhasil apabila disertai dengan perjuangan yang tanpa henti dan tak kenal lelah”
(Prof. Ir. Darwin H. Pangaribuan, M.Sc., Ph.D.)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan Puji Syukur dan terima kasih penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus, atas segala berkat, pertolongan dan penyertaan-Nya yang selalu mengiringi langkah penulis sehingga dapat menyelesaikan karya ini dengan baik.

Dengan rasa penuh syukur, penulis persembahkan karya kecil ini kepada:

Kedua orang tua tercinta serta kakak dan adik terkasih, atas segala doa terbaik, kasih sayang, pengorbanan dan dukungan penuh yang tiada hentinya hingga penulis dapat menyandang gelar sarjana pertanian di Universitas Lampung.

Serta almameter tercinta, Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang telah memberikan banyak kesempatan bagi penulis untuk belajar dan bertumbuh.

SANWANCANA

Puji Syukur atas pertolongan dan penyertaan Tuhan Yesus yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Substitusi Parsial Nutrisi AB Mix dengan POC Berteknologi Nano dan *Eco Enzyme* terhadap Pertumbuhan Sawi (*Brassica juncea* L.) pada Sistem Hidroponik NFT”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat sebagai Sarjana (S1) Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Ir. Darwin H. Pangaribuan, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan terbaik, meluangkan waktu, memberikan arahan, kritik dan saran yang membantu penulis serta menyediakan Kebun Lapang sebagai lokasi penelitian dan fasilitas lainnya yang diberikan selama penelitian berlangsung.
3. Ibu Dr. Hayane Adeline Warganegara, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan terbaik, meluangkan waktu, memberikan arahan, kritik dan saran yang sangat membantu penulis dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Sri Ramadiana, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan kritik, saran dan arahan yang membangun dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. RA. Diana Widyastuti, S.P., M.Si., selaku Sekretaris Jurusan Agronomi

dan Hortikultura, Universitas Lampung.

7. Bapak Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan saran kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
8. Teristimewa kepada kedua orang tua tercinta, yang menjadi semangat utama penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, terima kasih untuk selalu ada dan mengiringi langkah penulis.
9. Kakak dan Adik serta keluarga besar penulis atas dukungan dan semangat yang menguatkan penulis.
10. Teman-teman rekan penelitian grup hidroponik dan kebun tahun 2025, terima kasih atas kerja sama dan bantuan selama penelitian ini berlangsung.
11. Teman dekat penulis yaitu Melani Hermayanti, Kiki Dinda, Mentari Sulandari, Dita Irmawati, Joel Hutapea dan Naufal Alfarizy, yang telah menemani dan memberi semangat kepada penulis.
12. Almamater tercinta dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, akan tetapi penulis berharap skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak dan almamater tercinta di masa yang akan datang.

Bandar Lampung, 29 Juni 2026
Penulis,

Chacha Talita

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran	5
1.5 Hipotesis	11
II. TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Botani Tanaman Sawi	12
2.2 Hidroponik NFT	14
2.3 Teknologi Nano	16
2.4 AB Mix	17
2.5 Pupuk Organik Cair	17
2.6 <i>Eco Enzyme</i>	19
III. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Metode Penelitian	21
3.4 Pelaksanaan Penelitian	22
3.4.1 Penyemaian Benih Sawi	22
3.4.2 Pembuatan Larutan AB Mix	23
3.4.3 Pembuatan <i>Eco Enzyme</i>	23
3.4.4 Pembuatan POC Teknologi Nano	24
3.4.5 Pencampuran Larutan Nutrisi Perlakuan	25
3.4.6 Pindah Tanam	26

3.4.7 Pemeliharaan	26
3.4.8 Pengendalian Hama	27
3.4.9 Pemanenan	27
3.5 Variabel Pengamatan	27
3.5.1 Tinggi Tanaman (cm)	28
3.5.2 Lebar Daun (cm)	28
3.5.3 Panjang Daun (cm)	29
3.5.4 Jumlah Daun (helai)	29
3.5.5 Panjang Tangkai Daun (cm)	29
3.5.6 Bobot Segar Tanaman (gram)	30
3.5.7 Bobot Kering Tanaman (gram)	30
3.5.8 Tingkat Kehijauan Daun (TKD)	31
3.5.9 Panjang Akar (cm)	31
3.5.10 Bobot Segar Akar (gram)	32
3.5.11 Faktor Lingkungan	32
3.5.12 Kadar Kepekatan Larutan, pH, dan Suhu Larutan Nutrisi	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil	34
4.1.1 Tinggi Tanaman	34
4.1.2 Lebar Daun	35
4.1.3 Panjang Daun	36
4.1.4 Jumlah Daun	36
4.1.5 Panjang Tangkai Daun	37
4.1.6 Bobot Segar Tanaman	37
4.1.7 Bobot Kering Tanaman	38
4.1.8 Tingkat Kehijauan Daun (TKD)	38
4.1.9 Panjang Akar	39
4.1.10 Bobot Segar Akar	40
4.1.11 Faktor Lingkungan	40
4.1.12 Kadar Kepekatan, pH, dan Suhu Larutan Nutrisi	40
4.1.13 Kandungan Unsur Hara Pupuk organik dan AB Mix	41
4.1.14 Pertumbuhan dan Visualisasi Tanaman Sawi pada 2-5 MST	42
4.2 Pembahasan	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rekapitulasi analisis sidik ragam pada taraf 5% semua variabel pengamatan pada tanaman sawi 35 HSA.....	34
2. Tinggi tanaman sawi pada 35 HSA.....	35
3. Lebar daun sawi pada 35 HSA.....	36
4. Panjang daun sawi pada 35 HSA	36
5. Jumlah daun sawi pada 35 HSA.....	37
6. Panjang tangkai daun sawi pada 35 HSA	37
7. Bobot segar tanaman sawi pada 35 HSA	38
8. Bobot kering tanaman sawi pada 35 HSA	38
9. Tingkat kehijauan daun sawi pada 35 HSA	39
10. Panjang akar sawi pada 35 HSA	39
11. Bobot segar akar sawi pada 35 HSA	40
12. Pengamatan intensitas cahaya suhu, dan kelembaban	40
13. Pengamatan kepekatan larutan nutrisi.....	40
14. Pengamatan pH larutan nutrisi	41
15. Pengamatan suhu larutan nutrisi	41
16. Hasil uji analisis pupuk organik cair (POC)	41
17. Hasil uji analisis eco enzyme	41
18. Kandungan pada AB Mix.....	42
19. Data pengamatan tinggi tanaman sawi pada 35 HSA	60
20. Uji homogenitas tinggi tanaman sawi pada 35 HSA	60
21. Hasil analisis ragam tinggi tanaman sawi pada 35 HSA.....	60
22. Data pengamatan lebar daun tanaman sawi pada 35 HSA.....	60
23. Uji homogenitas lebar daun tanaman sawi pada 35 HSA	61
24. Hasil analisis ragam lebar daun tanaman sawi pada 35 HSA	61

25. Data pengamatan panjang daun tanaman sawi pada 35 HSA	61
26. Uji homogenitas panjang daun tanaman sawi pada 35 HSA	61
27. Hasil analisis ragam panjang daun tanaman sawi pada 35 HSA	61
28. Data pengamatan jumlah daun tanaman sawi pada 35 HSA.....	62
29. Uji homogenitas jumlah daun tanaman sawi pada 35 HSA.....	62
30. Hasil analisis ragam jumlah daun tanaman sawi pada 35 HSA	62
31. Data pengamatan panjang tangkai daun tanaman sawi pada 35 HSA	62
32. Uji homogenitas panjang tangkai daun tanaman sawi pada 35 HSA.....	63
33. Hasil analisis ragam panjang tangkai daun tanaman sawi pada 35 HSA.....	63
34. Data pengamatan bobot segar tanaman sawi pada 35 HSA.....	63
35. Uji homogenitas bobot segar tanaman sawi pada 35 HSA	63
36. Hasil analisis ragam bobot segar tanaman sawi pada 35 HSA	63
37. Data pengamatan bobot kering tanaman sawi pada 35 HSA	64
38. Uji homogenitas bobot kering tanaman sawi pada 35 HSA	64
39. Hasil analisis ragam bobot kering tanaman sawi pada 35 HSA.....	64
40. Data pengamatan tingkat kehijauan daun tanaman sawi pada 35 HSA	64
41. Uji homogenitas tingkat kehijauan daun tanaman sawi pada 35 HSA	65
42. Hasil analisis ragam tingkat kehijauan daun tanaman sawi pada 35 HSA	65
43. Data pengamatan panjang akar tanaman sawi pada 35 HSA.....	65
44. Uji homogenitas panjang akar tanaman sawi pada 35 HSA	65
45. Hasil analisis panjang akar daun tanaman sawi pada 35 HSA	65
46. Data pengamatan bobot segar akar tanaman sawi pada 35 HSA	66
47. Uji homogenitas bobot segar akar tanaman sawi pada 35 HSA	66
48. Hasil analisis ragam bobot segar akar tanaman sawi pada 35 HSA	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran penelitian	10
2. Tanaman sawi.	14
3. Tata letak percobaan.	22
4. Aktivasi teknologi nano pada POC.	25
5. Pengukuran tinggi tanaman sawi.	28
6. Pengukuran lebar daun tanaman sawi.	28
7. Pengukuran panjang daun tanaman sawi.	29
8. Pengukuran panjang tangkai daun tanaman sawi.	30
9. Pengukuran bobot segar tanaman sawi.	30
10. Pengukuran tingkat kehijauan daun tanaman sawi.	31
11. Pengukuran panjang akar tanaman sawi.	31
12. Pengukuran bobot basah akar tanaman sawi.	32
13. Pengamatan faktor lingkungan, (a). Pengukuran suhu dan kelembaban; (b). pengukuran intensitas cahaya.	32
14. Pengontrolan air nutrisi, (a). Pengukuran kepekatan larutan nutrisi dan suhu larutan nutrisi; (b). Pengukuran pH larutan nutrisi.	33
15. Keragaman tinggi tanaman sawi pada umur 2-5 HSA.	42
16. Susut bobot tanaman sawi pada akhir percobaan.	43
17. Visualisasi tanaman sawi pada setiap perlakuan.	43
18. Jumlah daun tanaman sawi.	67
19. Panjang tangkai daun tanaman sawi.	68
20. Berat segar tanaman sawi.	68
21. Berat kering tanaman sawi.	69
22. Tingkat kehijauan daun tanaman sawi.	70
23. Panjang akar tanaman sawi.	70
24. Berat segar akar tanaman sawi.	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data hasil pengamatan dan analisis ragam.....	63
2. Dokumentasi hasil penelitian.....	70

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman hortikultura, khususnya sayuran-sayuran, merupakan komoditas yang memiliki potensi besar dan sangat ideal untuk dibudidayakan secara hidroponik guna menghasilkan produk yang unggul dan berkualitas (Hermawan, 2024). Salah satu tanaman sayuran yang banyak dibudidayakan dengan sistem hidroponik adalah sawi. Tanaman sawi memiliki prospek yang baik karena masa panennya relatif singkat, kandungan gizi, vitamin dan seratnya yang tinggi, serta memiliki berbagai manfaat bagi kesehatan (Dewi dkk., 2021). Selain itu, meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya konsumsi serat turut mendorong peningkatan permintaan terhadap tanaman sayuran salah satunya tanaman sawi (Anggaeni dkk., 2022).

Hidroponik merupakan metode budidaya tanpa menggunakan tanah (*soilless culture*) dengan memanfaatkan larutan nutrisi sebagai unsur hara utama bagi tanaman. Sistem ini semakin banyak diterapkan karena memiliki berbagai keunggulan dibandingkan budidaya konvensional, seperti mampu mengurangi risiko serangan hama dan penyakit, lebih adaptif terhadap perubahan iklim, serta menghasilkan pertumbuhan dan kualitas tanaman yang lebih seragam. Selain itu, budidaya hidroponik memungkinkan pengelolaan nutrisi dan lingkungan tumbuh yang lebih terkontrol (Rahmat, 2015). Berbagai jenis sistem hidroponik telah dikembangkan, salah satunya adalah sistem Nutrient Film Technique (NFT).

Hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) merupakan sistem hidroponik yang menggunakan aliran larutan nutrisi tipis yang dialirkan secara terus-menerus pada bagian akar tanaman. Lapisan nutrisi yang tipis tersebut memungkinkan akar

memperoleh air, unsur hara, dan oksigen secara optimal sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Pada sistem ini, larutan nutrisi disirkulasikan menggunakan pompa dari tandon menuju talang tanam, kemudian dialirkan kembali ke tandon untuk digunakan secara berulang (Jamaludin dkk., 2018). Efisiensi penggunaan air dan nutrisi menjadikan sistem NFT banyak digunakan dalam budidaya sayuran daun, termasuk sawi. Sejalan dengan penelitian Mubarak dkk. (2021) yang menunjukkan bahwa sistem hidroponik NFT menghasilkan pertumbuhan pakcoy yang lebih baik dibandingkan sistem *Deep Flow Technique* (DFT), yang ditunjukkan oleh parameter jumlah daun, luas daun, panjang akar, dan berat segar tanaman yang lebih tinggi.

Keberhasilan budidaya tanaman dengan sistem hidroponik NFT tidak hanya ditentukan oleh desain sistem yang digunakan, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dan kualitas larutan nutrisi. Larutan nutrisi merupakan faktor utama yang menentukan pertumbuhan, hasil, dan kualitas tanaman hidroponik karena media tanam yang digunakan memiliki kandungan unsur hara yang sangat terbatas (Nugraha dan Susila, 2015). Nutrisi berperan penting dalam berbagai proses fisiologis tanaman, mulai dari pembentukan jaringan, fotosintesis, hingga perkembangan organ tanaman (Rehatta dkk., 2023). Oleh karena itu, pemilihan jenis dan konsentrasi nutrisi yang tepat menjadi aspek penting dalam budidaya hidroponik.

Salah satu jenis nutrisi yang umum digunakan dalam budidaya hidroponik adalah nutrisi AB Mix. Nutrisi ini terdiri atas dua larutan stok, yaitu stok A dan stok B, yang mengandung unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman. Secara keseluruhan, AB Mix mengandung 16 unsur hara esensial yang berperan dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara optimal (Arianda dkk., 2020). Kelengkapan unsur hara yang terkandung di dalamnya menjadikan AB Mix sebagai nutrisi standar yang banyak digunakan dalam budidaya sayuran hidroponik, termasuk tanaman sawi, untuk memperoleh hasil panen yang tinggi dan berkualitas.

Penggunaan pupuk organik cair (POC) mulai banyak dikembangkan sebagai alternatif atau pelengkap dalam sistem hidroponik. POC terbuat dari campuran kompos, bahan alami, dan air yang difermentasikan. Tidak hanya itu, pupuk organik cair juga dapat terbuat dari tumbuhan yang memiliki kandungan bermanfaat. Selain mudah larut, POC mengandung satu atau lebih unsur yang dibutuhkan tanaman (Hadisuwito, 2012). POC dapat memberikan hara sesuai dengan kebutuhan tanaman sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik (Meriatna dkk., 2018). Menurut penelitian yang telah dilakukan Wulansari dkk. (2021), POC mampu meningkatkan bobot buah tomat ceri pada perlakuan 75% nutrisi anorganik + 25 % POC sebesar 172,67 gram. Formulasi nutrisi 75 % AB Mix + 25% POC dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan nutrisi AB Mix pada budidaya tomat ceri sistem hidroponik.

Eco enzyme dihasilkan dengan memanfaatkan sampah organik seperti sayuran segar, kulit buah, air, dan tambahan gula merah atau molase yang berperan sebagai sumber karbohidrat pada pupuk (Apriliansyah dan Wibisono., 2022). Menurut penelitian Jasmine dan Rachmawati, (2024) *eco enzyme* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi hijau termasuk meningkatkan berat basah tajuk sebesar 67,24 gram dibandingkan tanpa pemberian *eco enzyme* yang hanya sebesar 53,75 gram pada sistem. Selain itu, keberhasilan penggunaan *eco enzyme* jika pemberiannya dilakukan dengan tepat. Teknik *spray* daun lebih efektif untuk menunjang keberhasilan aplikasi *eco enzyme* pada hidroponik (Prasetiawati, 2023). Sejalan dengan penelitian Listiana dkk. (2024) pemberian *eco enzyme* dengan teknik *spray* daun pada tanaman kangkung darat dapat meningkatkan pertumbuhan dan luas daun serta daun tanaman terlihat mengkilap dibandingkan tanpa penggunaan *eco enzyme*.

Penggunaan teknologi nano pada budidaya tanaman, memiliki keunggulan lebih reaktif dan mencapai sasaran atau target secara langsung dan efektif. Aplikasi teknologi nano pada budidaya tanaman dalam formulasi pupuk memungkinkan pelepasan nutrisi yang lebih presisi dan terkontrol (Alqaramah dkk., 2025). Menurut Zaidy dkk. (2021) keunggulan gelembung yang dihasilkan dari teknologi nano dapat meningkatkan oksigen terlarut yang signifikan dibandingkan dengan

aerasi konvensional. Menurut penelitian yang telah dilakukan Mujahid, (2017) penggunaan teknologi nano pada pupuk organik memberikan pengaruh pada peningkatan tanaman bayam merah dengan tinggi 38.80 cm, luas daun 969.00 cm², jumlah daun 15 helai, dan bobot kering tanaman bayam merah 4.90 gram dibandingkan tanpa teknologi nano (kontrol) dengan tinggi 38.70, luas daun 861.72 cm², jumlah daun 14 helai, dan bobot kering 4.08 gram.

Terdapat hasil penelitian terdahulu mengenai manfaat POC dan manfaat *eco enzyme* pada sistem hidroponik secara terpisah. Tetapi belum terdapat informasi mengenai penggunaan kombinasi POC berteknologi nano dan *eco enzyme* sebagai substitusi parsial AB Mix. Oleh karena itu, pemahaman mengenai penggunaan POC berteknologi nano dan *eco enzyme* sebagai substitusi parsial AB Mix pada tanaman sawi diperlukan agar hasil dan pertumbuhan yang diperoleh lebih maksimal dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada sistem hidroponik NFT, apakah 75% nutrisi AB Mix dengan substitusi parsial POC berteknologi nano dan *eco enzyme* dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi?
2. Manakah perlakuan terbaik 75% nutrisi AB Mix dengan substitusi parsial POC berteknologi nano dan *eco enzyme* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pada sistem hidroponik NFT?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dikemukakan diatas, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh 75% nutrisi AB Mix dengan substitusi parsial POC berteknologi nano dan *eco enzyme* pada peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi.

2. Mengetahui perlakuan terbaik 75% nutrisi AB Mix dengan substitusi parsial POC berteknologi nano dan *eco enzyme* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pada sistem hidroponik NFT.

1.4 Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran

Hidroponik merupakan kegiatan budidaya pertanian yang memanfaatkan air sebagai media tumbuh. Budidaya hidroponik tidak memerlukan lahan yang luas karena dapat tumbuh pada instalasi pipa maupun penggunaan media bak-bak kecil. Prinsip dasar hidroponik ialah memberikan nutrisi yang optimal walaupun tanpa media tanah. Menurut Gashgari dkk. (2018) sistem hidroponik memberikan pengaruh nyata terhadap produktivitas tanaman dibandingkan sistem konvensional. Menurut penelitian yang telah dilakukan Cahyanda dkk. (2022) tinggi tanaman, jumlah daun dan bobot segar hidroponik lebih unggul dibandingkan konvensional dengan hasil tinggi tanaman tertinggi 9.12 cm, jumlah daun tertinggi 3.39 helai, dan bobot segar tertinggi 27.95 gram bandingkan pakcoy konvensional.

NFT (*Nutrient Film Technique*) merupakan salah satu model hidroponik yang banyak diterapkan di Indonesia. NFT kerap diterapkan pada budidaya berbagai produk hortikultura, khususnya sayuran (Iswardani, 2011). Sistem NFT dilakukan dengan meletakkan akar tanaman pada air yang dangkal. Air tersebut mengandung nutrisi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Hidroponik ini bekerja secara aktif dengan menggunakan pompa dan mengembalikan nutrisi kembali ke tangki atau tandon nutrisi (Wibowo dan Arum., 2013).

Menurut Rosliani dan Sumarni (2005) keunggulan sistem hidroponik NFT dibandingkan dengan sistem lainnya yakni volume larutan hara yang dibutuhkan lebih rendah, lebih mudah mengatur suhu di sekitar perakaran tanaman, lebih mudah mengontrol hama dan penyakit, kepadatan tanaman per unit area lebih tinggi, dan hasil tanaman lebih bersih karena tidak ada sisa tanah atau media lainnya. Namun, ada juga kerugian dari sistem ini, yakni patogen dengan mudah menyebar pada seluruh larutan sehingga pemeliharaan tanaman harus rutin

dilakukan. Selain itu, ketersediaan nutrisi bagi tanaman menjadi hal yang harus diperhatikan dalam budidaya sistem hidroponik NFT (Karoba dan Nurjasmani., 2015).

Tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) merupakan jenis sayuran yang populer dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Sawi memiliki zat esensial yang melimpah seperti protein, karbohidrat, dan lemak, serta vitamin dan mineral (Simanjuntak, 2016). Zat gizi yang cukup lengkap akan sangat baik jika dikonsumsi untuk mempertahankan kesehatan tubuh. Sawi digemari oleh bermacam kalangan karena memiliki daun yang halus tidak berbulu, lonjong, dan tidak berkeriput. Konsumen sawi mulai dari masyarakat kelas bawah hingga masyarakat kelas atas (Cahaya dkk., 2019).

Selain ditentukan oleh media yang digunakan, keberhasilan budidaya hidroponik juga ditentukan oleh larutan nutrisi yang diberikan. Salah satu nutrisi standar yang digunakan pada sistem hidroponik adalah AB Mix. Namun, nutrisi AB Mix memiliki kekurangan yaitu harganya yang relatif mahal, bersifat sintesis, dan meninggalkan residu pada tanaman (Ginjar dkk., 2021). Solusi untuk mengurangi penggunaan nutrisi AB Mix yaitu dengan menggunakan substitusi parsial pupuk organik. Menurut penelitian yang telah dilakukan Marginingsih dkk. (2018) substitusi yang paling baik untuk pertumbuhan tanaman yaitu penggunaan AB Mix 75% AB Mix + 25% pupuk organik, yang memberikan pengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, dan berat basah total caisim dibandingkan penggunaan 100% AB Mix, 50% AB Mix + 50% pupuk organik, dan 100% pupuk organik.

Pupuk organik cair (POC) merupakan pupuk yang terbuat dari ekstrak bahan organik yang sudah dilarutkan (Anastasia dkk., 2014). Keunggulan POC dibandingkan pupuk anorganik yaitu mudah larut dalam air, mudah dan murah pembuatannya, ramah lingkungan, dapat menyediakan unsur hara sehingga dapat menanggulangi defisiensi hara pada tanaman (Nurkhasanah dkk., 2021). Menurut Aulia dkk. (2022) kandungan nutrisi organik cair dapat mendorong pertumbuhan vegetatif, termasuk pembentukan klorofil pada daun. Meski demikian, kekurangan

POC yaitu belum dapat dijadikan sebagai nutrisi utama karena kandungan hara yang dihasilkan tidak selalu konsisten dan belum dapat mencukupi seluruh kebutuhan tanaman. Menurut penelitian Pangaribuan dkk. (2023) pemberian POC pada tanaman sawi dengan perlakuan AB Mix 75% + POC 25% menjanjikan sebagai alternatif pemupukan.

POC limbah udang dianggap sebagai pupuk nitrogen alami karena memiliki unsur nitrogen (N) yang dominan. Unsur hara N merupakan salah satu hara makro bagi tanaman (Harjowigeno, 2010). Menurut penelitian yang telah dilakukan Gaothama (2022) ekstrak POC dari limbah udang dalam bahan basah mengandung unsur hara yaitu N (2.359 ppm), P (721 ppm), K (312 ppm), Ca (723 ppm), Mg (562 ppm), Zn (0,8 ppm), Mn (0,4 ppm), Fe (229 ppm) dan C-organik (192 ppm). Menurut penelitian Budiwansah (2021) unsur hara nitrogen (N) yang terkandung pada POC limbah udang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman termasuk meningkatkan luas daun pada tanaman sawi pagoda terlebar yaitu 35,68 cm² dibandingkan tanpa pemberian POC limbah udang yang hanya berkisar 31,43 cm². Hal ini disebabkan karena nitrogen merupakan unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman terutama selama fase vegetatif, seperti perkembangan daun, batang, dan cabang.

Air kelapa terbagi menjadi 2 yaitu air kelapa tua dan air kelapa muda. Air kelapa tua kaya akan unsur hara sama seperti pada kelapa muda, namun kadar unsur hara pada kelapa muda lebih rendah (Rosniawaty dkk., 2022). Menurut penelitian yang telah dilakukan Masniawati (2013) unsur hara fosfor (P) yang terkandung pada pupuk organik cair (POC) air kelapa tua berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman termasuk meningkatkan tinggi pada tanaman sawi tertinggi yaitu 33,18 cm, jumlah daun helai 12,08, panjang 23,59 cm dan berat basahanya 19,04 gram. Kandungan fosfor dapat mencegah akar tanaman tidak sehat dan meningkatkan pertumbuhan akar, tentunya hal ini akan berpengaruh dalam menyerap unsur hara oleh tanaman (Bolly, 2012).

Produktivitas eceng gondok yang tinggi dapat dimanfaatkan untuk mendukung sistem pertanian yang ramah lingkungan dan mengurangi ketergantungan pada

pupuk kimia (Jayanti dan Ivoni., 2019). Eceng gondok dapat digunakan sebagai bahan pupuk organik cair (POC) karena mengandung beberapa unsur hara yang diperlukan untuk tanaman (Wahdah dkk., 2024). Menurut penelitian yang telah dilakukan Moi dkk. (2015) eceng gondok bahan segar mengandung C-organik (2.123 ppm), N (28 ppm), P (11 ppm), dan K (16 ppm) sehingga dari hasil ini eceng gondok berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organik karena eceng gondok memiliki unsur-unsur yang diperlukan tanaman untuk tumbuh. POC eceng gondok yang mempunyai kandungan C-organik tinggi mampu merangsang pertumbuhan tanaman (Soniari dan Sutari., 2023).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Pramushinta (2018) kulit nanas bahan basah terdiri dari 81,72% air, 20,87% serat kasar, 17,53% karbohidrat, 4,41% protein, dan 13,65% gula reduksi. Karena kandungan karbohidrat, gula, dan proteinnya cukup tinggi, kulit nanas bisa dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk melalui proses fermentasi. Selain itu, menurut penelitian yang telah dilakukan Ayu (2020) pupuk organik cair (POC) limbah kulit nanas bahan basah memiliki kandungan N (33,4 ppm), P (41,49 ppm), K (716,81 ppm), Ca (118,20 ppm), dan Mg (21,71 ppm). Berdasarkan kriteria kandungan unsur hara tersebut, maka POC tergolong baik untuk diaplikasikan pada tanaman.

Menurut Fadhilah dkk. (2023) tidak optimalnya penyerapan nutrisi oleh tanaman menyebabkan kurangnya hara sebagai penyusun komponen struktur tanaman sehingga pertumbuhan dan produksi tanaman tidak optimal. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan teknologi nano yang bekerja dengan memperkecil ukuran partikel menjadi gelembung gas pada media tanam sehingga lebih mudah terurai dan meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi. Penggunaan *nanobubble aerator* pada pupuk akan membantu kandungan oksigen akan tetap stabil, yang mana dalam hal ini oksigen juga dapat mengurangi pengendapan suatu bahan organik (Fuadi dkk., 2020). Selain itu, oksigen dalam air yang stabil akan meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman. Pupuk yang dihasilkan dengan teknologi nano jika dibandingkan pupuk konvensional memiliki keunggulan yaitu sifat yang *slow release*, yakni pelepasan partikel-partikel pupuk baru secara lambat dan terkendali (Ariningsih, 2016).

Eco enzyme merupakan larutan kompleks dari proses fermentasi limbah organik, gula, dan air. Manfaat *eco enzyme* untuk tanaman dapat menyuburkan tanaman, mengendalikan OPT (organisme pengganggu tanaman) berupa insektisida maupun pestisida, dan meningkatkan kesehatan tanaman (Utpalasari dkk., 2020). Teknik pemberian *eco enzyme* pada sistem hidroponik dapat dilakukan melalui larutan nutrisi dan daun. Penyemprotan *eco enzyme* pada daun dapat memacu pertumbuhan karena *eco enzyme* mengandung hormon pertumbuhan tanaman sehingga jika disemprotkan pada saat stomata yang membuka akan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Prasetiawati (2023), teknik *spray* daun 2 ml/l pada tanaman pakcoy berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman termasuk menghasilkan panjang daun 21,5 cm, lebar daun 11,57 cm, jumlah daun 20 helai, dan bobot basah 188,07 gram dibandingkan tanpa *spray eco enzyme* yang hanya menghasilkan panjang daun 17,9 cm, lebar daun 9,67 cm, jumlah daun 17 helai, dan bobot basah 139,87 gram.

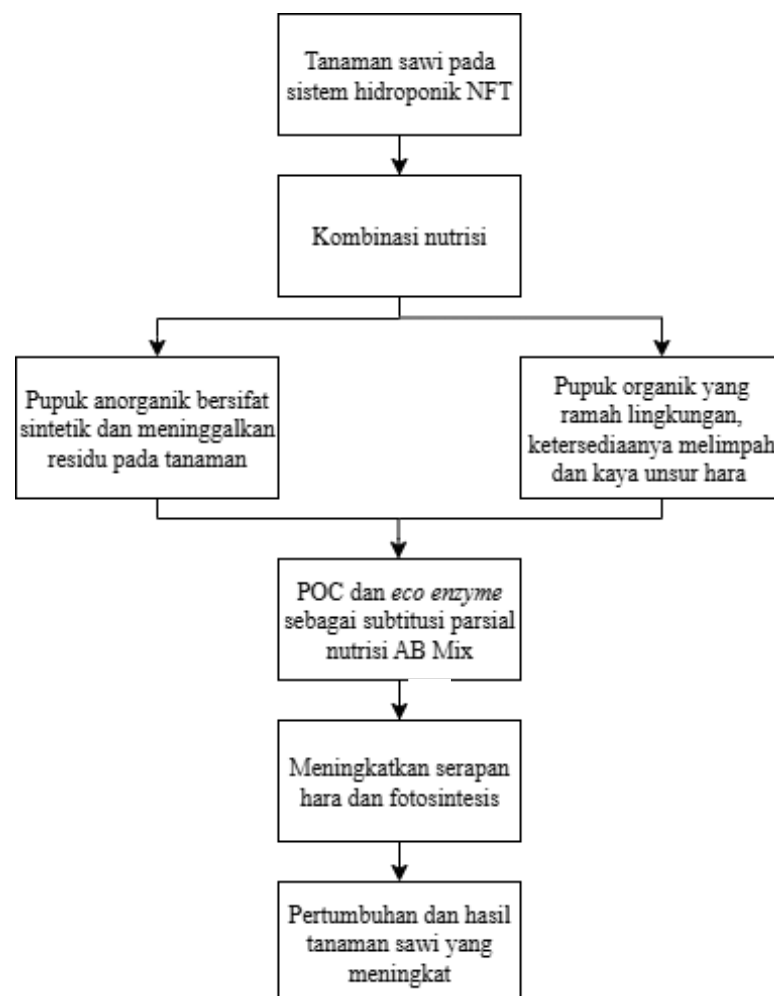
Menurut penelitian yang telah dilakukan Viza (2022) selain dipengaruhi proses fermentasi, kombinasi bahan yang digunakan sebagai bahan baku *eco enzyme* juga mempengaruhi hasil akhir berupa warna, aroma, kadar air, dan pH. Menurut penelitian yang telah dilakukan Muliarta dan Novianti (2021) kombinasi *eco enzyme* berbahan dasar kulit nanas, kulit jeruk, kulit pisang, dan kulit semangka merupakan kombinasi terbaik dengan pH larutan sebesar 2,5, beraroma segar, berwarna coklat dan presentase volume akhir sebesar 133%. Selain itu, pada penelitian Istanti dkk., (2023) kombinasi pupuk organik dengan bahan dasar kulit jeruk dan kulit nanas merupakan kombinasi terbaik yang menghasilkan unsur hara kalium (K) sebesar rata-rata 0,37% dibandingkan hanya berbahan dasar limbah sayuran yang mempunyai unsur kalium dibawah 30%.

Penambahan bahan organik dari sayuran merupakan komponen penting dalam pembuatan *eco enzyme*. Limbah sayuran memiliki berbagai unsur hara makro dan mikro (Harlis dkk., 2019). Menurut penelitian yang telah dilakukan Fadlillah dkk. (2023) *eco enzyme* dari limbah sayuran kangkung, sawi, dan kubis berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy termasuk meningkatkan tinggi 20,6 cm,

dan berat segar tanaman 38,1 gram dibandingkan pupuk anorganik yang hanya sebesar 11,8 cm dan berat segar 33,3 gram. Limbah sayuran seperti sawi dan kubis berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai pupuk karena memiliki unsur hara seperti nitrogen sebagai bahan penyusun protein dan klorofil terhadap tanaman (Harlis dkk., 2019).

Fokus terbaru penelitian ini terletak pada penggunaan POC berteknologi nano dengan berbagai bahan organik dengan aplikasi *eco enzyme* pada daun tanaman sebagai substitusi parsial nutrisi AB Mix pada sistem hidroponik NFT.

Kerangka pemikiran penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian

1.5 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada sistem hidroponik NFT, 75% nutrisi AB Mix dengan substitusi parsial POC berteknologi nano dan *eco enzyme* mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi.
2. Terdapat perlakuan terbaik 75% nutrisi AB Mix dengan substitusi parsial POC berteknologi nano dan *eco enzyme* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pada sistem hidroponik NFT.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Botani Tanaman Sawi

Tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) merupakan tanaman sayuran daun dan tergolong tanaman semusim (berumur pendek) yang termasuk dalam suku *brassicaceae* (keluarga kubis-kubisan). Tanaman ini berasal dari Tiongkok (Cina) dan Asia Timur. Tanaman sawi dapat ditemukan pada daerah beriklim tropis dan dapat ditanam sepanjang tahun di dataran rendah maupun dataran tinggi sehingga tanaman ini memiliki daya adaptasi yang baik terhadap lingkungan (Usman dkk., 2022).

Berikut ini klasifikasi tanaman sawi (*Brassica juncea* L.):

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Class	: Dicotyledonae
Ordo	: Capparales
Famili	: Brassicaceae
Genus	: Brassica
Spesies	: <i>Brassica juncea</i> L.

Tanaman sawi memiliki sistem perakaran tunggang yang bercabang menyebar ke semua arah. Akar pada tanaman sawi berbentuk bulat memanjang (silindris) dengan akar samping yang dangkal. Penyebaran akar dapat mencapai kedalaman 30-50 cm. Keberadaan akar pada tanaman sawi berfungsi sebagai penopang

batang agar tetap kokoh dan berperan dalam penyerapan unsur hara untuk mendukung pertumbuhan tanaman sawi (Mandasari dkk., 2018).

Batang pada tanaman sawi merupakan batang sejati yang tegap, pendek lunak dan berwarna hijau sehingga mudah dikenali. Tanaman sawi memiliki batang beruas-ruas yang hampir tidak terlihat. Keberadaan batang pada tanaman sawi berfungsi sebagai pembentuk dan penopang berdirinya daun (Tripama dan Yahya., 2018).

Daun pada tanaman sawi berwarna hijau muda hingga hijau tua dengan bentuk daun bulat atau bulat lonjong. Daun tanaman sawi halus dan tidak berbulu dan tidak berkrop, dengan pertulang daun yang menyirip serta bercabang-cabang yang melekat pada buku batang hingga 5-10 cm. Dalam 1 batang sawi dapat menghasilkan 10-15 daun apabila tumbuh dengan baik dengan pola daun berserak (roset) dan sukar membentuk krop (Cahyono, 2003).

Biji sawi dapat berbiji secara alami baik di dataran rendah maupun tinggi serta digunakan sebagai bahan perbanyakan tanaman. Biji ini berbentuk bulat, dengan ukuran yang sangat kecil sekitar 1-2 mm, serta permukaan biji yang licin dan mengkilap dan sedikit berlendir. Biji sawi hijau berwarna coklat agak kehitaman (Qolik, 2014).

Tanaman sawi merupakan tanaman yang mudah dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Kaya akan gizi menjadikan sawi sebagai salah satu tanaman yang mempunyai prospek pengembangan yang baik (Tiwery, 2014). Sawi termasuk tanaman daun yang kaya akan serat dan memiliki kandungan gizi yang tinggi. Dalam 100 g berat basah sawi, mengandung Protein (2.3 g), Lemak (0.3 g), Serat (1,2 g), Karbohidrat (4.0 g), Ca (220.0 mg), P (38.0 g), Fe (2.9 g), vitamin A (1.940 mg), vitamin B (0.09 mg), dan vitamin C (102 mg) (Faud, 2010).



Gambar 2. Tanaman sawi.

2.2 Hidroponik NFT

Hidroponik berasal dari bahasa Yunani yaitu “*Hydroponos*”, *hydro* (air) dan *ponos* (daya). Hidroponik adalah budidaya yang dilakukan tanpa media tanah (*soiless culture*), sehingga hidroponik merupakan budidaya pertanian yang dijalankan dengan menggunakan air sebagai medium untuk menggantikan tanah (Yuniarti dkk., 2023). Media sekam bakar, *rockwool*, *cocopeat*, *perlite*, *vermiculite*, *spons*, pasir, kerikil, dan serbuk kayu adalah media yang mendukung pertumbuhan tanaman hidroponik (Singgih dkk., 2019). Metode budidaya secara hidroponik memanfaatkan cahaya matahari, air, dan nutrisi sebagai unsur hara utamanya. Metode ini dapat memberikan kemudahan dalam mengontrol tanaman dari hama dan penyakit, iklim, cuaca, dan lainnya (Marnando dkk., 2021). Budidaya secara hidroponik dapat diusahakan di lahan terbuka atau di ruang tertutup dan tanpa dipengaruhi oleh perubahan musim. Budidaya hidroponik lebih efisien dalam penggunaan lahan karena dapat diatur sedemikian rupa tanpa memerlukan jarak tanam yang luas (Zamriyetti dkk., 2019).

NFT (*Nutrient Film Technique*) merupakan salah satu sistem hidroponik yang banyak digunakan di Indonesia. Prinsip kerja sistem ini adalah aktif menggunakan pompa dan mensirkulasi larutan nutrisi kembali ke tandon atau tanki nutrisi. Derajat kemiringan pipa talang pada sistem ini yaitu dengan kemiringan sekitar 5 derajat (Wibowo, 2013). Menurut Huda dkk. (2023) tinggi larutan nutrisi dibuat sekitar 3 mm, karena kelebihan nutrisi akan mengurangi jumlah oksigen. Syarat utama dalam menggunakan sistem ini adalah tersirkulasinya larutan nutrisi secara

terus-menerus menggunakan listrik yang selalu dinyalakan sehingga akar tanaman yang ditempatkan pada permukaan air dangkal akan memperoleh nutrisi. Bagian atas tanaman akan berada antara larutan nutrisi yang ditopang oleh wadah media sehingga akar bagian atas akan tetap mendapatkan oksigen yang cukup (Wulandari dkk., 2023). Sistem NFT pada budidaya tanaman dapat dengan mudah dilakukan dan efisien, terutama pada tanaman sayuran (Wahyuni dkk., 2023).

Menurut Setiawan (2018) budidaya hidroponik secara sistem NFT memiliki beberapa keuntungan diantaranya, akar tanaman akan mendapatkan nutrisi, oksigen dan pasokan air yang optimal, sirkulasi nutrisi yang dapat digunakan secara berulang-ulang sehingga tanaman tidak akan mengalami kekeringan, dan dapat lebih mempersingkat masa tanam. Selain itu sistem NFT memiliki keunggulan diantaranya penggunaan ruang, air dan nutrisi yang lebih sedikit, tersirkulasinya air, nutrisi dan oksigen secara terus menerus, dan perawatan tanaman yang lebih mudah. Sistem NFT memiliki kekurangan yaitu biaya awal untuk perlengkapan yang relatif mahal dan ketergantungan terhadap listrik serta penyebaran penyakit yang lebih cepat karena memakai satu aliran nutrisi (Arianti dkk., 2022). Menurut Sari dkk. (2016) kelemahan sistem ini adalah sulitnya penanganan jika terkena penyakit karena aliran nutrisi mengalir untuk semua tanaman pada satu talang.

Pada sistem hidroponik, terdapat beberapa sistem yang membedakan sistem hidroponik satu dengan yang lainnya. Sistem hidroponik yang sudah lebih maju sama seperti NFT, sistem hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*) ini memiliki perbedaan pada kedalaman lapisan air yang diterapkan. Pada sistem DFT akar tanaman akan diterapkan pada kedalaman 2-5 cm, lebih dalam daripada sistem NFT dan didistribusikan secara kontinyu (Purwanto dkk., 2019). Selain itu berkembang juga sistem hidroponik yang memberdayakan udara yaitu hidroponik aeroponik (Manullang dkk., 2019). Sedangkan sistem hidroponik yang sangat sederhana dikenal sebagai sistem wick (sumbu) yang mana akar tanaman akan menyerap nutrisi lewat perantara sumbu antara nutrisi dan media tanam (Hidayati dkk., 2017).

2.3 Teknologi Nano

Teknologi nano merupakan ilmu yang memiliki kemampuan untuk mengontrol larutan berukuran kecil 1 nm atau 10^{-9} (Muhajid dkk., 2017). Sifat *slow release* yang dihasilkan dari teknologi nano pada pupuk memungkinkan penyerapan hara lebih sempurna dibandingkan pupuk konvensional (Ariningsih., 2016). Struktur nanomaterial yang dihasilkan dari penggunaan teknologi nano dapat mempertahankan ketersediaan nutrisi pada pupuk dalam jangka panjang. Nanomaterial dapat meningkatkan efisiensi serapan hara oleh tanaman hingga 40% dibandingkan pupuk konvensional (Alqaramah dkk., 2025).

Menurut penelitian yang telah dilakukan Nate dkk. (2023) penggunaan teknologi nano dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy dilihat dari panjang daun tertinggi 19,81 cm dan tanpa teknologi nano 18,77 cm, dan luas daun 62,90 cm² dibandingkan tanpa teknologi nano 54,48 cm². Pemberian teknologi nano pada pupuk memungkinkan penyerapan nutrisi oleh jaringan tanaman yang optimal sehingga meningkatkan efisiensi fotosintesis dan metabolisme tanaman. Menurut penelitian yang telah dilakukan Febriyono dkk. (2017) aplikasi pupuk teknologi nano pada tanaman pakcoy dapat meningkatkan berat segar paling tinggi 1,60 gram dibandingkan tanpa teknologi nano sebesar 1,22 gram. Berat segar tanaman berkaitan dengan kemampuan akar menyerap nutrisi dengan maksimal. Apabila nutrisi terpenuhi selama proses pertumbuhan, tanaman akan tumbuh dengan baik sehingga hasil tanaman maksimal.

Salah satu kendala dalam penyediaan unsur hara untuk tanaman yaitu terjadi pengendapan unsur hara. Pemanfaatan teknologi nano dapat meningkatkan penyerapan nutrisi yang bekerja dengan memperkecil ukuran gelembung gas pada media pertumbuhan tanaman (Oktora dkk., 2024). Teknologi nano dapat menciptakan stabilitas larutan dan oksigen yang bertahan cukup lama dengan diubahnya cairan menjadi ukuran nanometer. Peningkatan kadar oksigen dapat menstimulasi pertumbuhan akar, meningkatkan penyerapan nutrisi dan lingkungan yang lebih optimal (Delvina dkk., 2024). Tanaman akan lebih mudah menyerap unsur hara dengan optimal sehingga berpengaruh terhadap, tinggi, jumlah daun, berat basah, dan berat kering tanaman (Afrilisia dkk., 2025).

2.4 AB Mix

Nutrisi AB Mix memiliki dua larutan yang ketersediaannya terpisah, terdiri dari larutan stok A dan stok B. Masing-masing larutan stok memiliki berbagai macam unsur hara makro dan mikro. Larutan stok A memiliki unsur hara makro yang terdiri dari unsur N, P, K, Ca, Mg, S dan sebagainya. Sedangkan larutan stok B memiliki unsur hara mikro yang terdiri dari Cu, Mn, Zn, Fe dan sebagainya (Sulistyowati dan Nurhasanah., 2021). Kandungan unsur hara yang terdapat pada larutan AB Mix diantaranya terdiri dari NH_4^+ 22.5 ppm, K^+ 429 ppm, Ca^{2+} 180 ppm, Mg^{2+} 24 ppm, NO_3 1178 ppm, SO_4^{2-} 108 ppm, H_2PO_4 194 ppm, Fe^{3+} 2.232 ppm, Mn^{3+} 0.275 ppm, Zn^{2+} 0.261 ppm, B^{3+} 0.324 ppm, Cu^{2+} 0.049 ppm dan Mo^{2+} 0.048 ppm (Wulan dan Susila., 2018).

Nutrisi AB Mix yang diberikan pada nutrisi hidroponik dengan pencampuran 5 ml nutrisi A dan 5 ml nutrisi B pada 1 liter air akan menghasilkan ppm sebanyak 1000 ppm merupakan konsentrasi terbaik. Menurut Frasetiawan dkk. (2023) AB Mix dengan 1000 ppm memberikan hasil terbaik pada berat segar tanaman kubis bunga yaitu 0,684. Berat segar tanaman berkaitan erat dengan kecukupan nutrisi yang diberikan pada tanaman. Berat segar tanaman dipengaruhi oleh salah satunya ketersediaan nutrisi, faktor lingkungan, dan media tanam (Buntiro dkk., 2014).

2.5 Pupuk Organik Cair

Pupuk organik cair (POC) adalah larutan dari hasil pembusukan bahan organik seperti sisa tanaman, kotoran hewan, dan manusia. Larutan ini dapat dimanfaatkan pada berbagai komoditas pertanian, baik pangan maupun hortikultura (Dwisvimiar dkk., 2023). POC memiliki kandungan unsur hara yang lebih dari satu. Unsur hara dalam larutan POC digunakan untuk pertumbuhan, perkembangan, dan kesehatan tanaman. POC dapat meningkatkan kadar unsur hara makro dan mikro secara alami sehingga dapat memacu fase vegetatif dan generatif tanaman (Kurniawati dkk., 2015). Unsur hara yang terdapat pada POC beragam mulai N, P, K, S, Ca, Mg, Zn Fe, Mn, C-organik dan unsur hara lainnya. Laju fermentasi pada pembuatan POC memiliki rentang waktu yang berbeda-beda tergantung dengan bahan organik yang digunakan. Hasil fermentasi POC yang

berhasil ditandai dengan bau seperti tape, ukuran, dan bentuk bahan organik yang sudah menunjukkan perbedaan dari morfologi awalnya (Prasetyo dan Evizal, 2021).

Limbah udang merupakan hasil samping pengolahan produk udang beku yang berupa kepala, kulit, dan ekor udang. Berdasarkan kandungan nutrisinya limbah kepala udang mengandung unsur hara yang baik untuk dijadikan sebagai bahan pupuk organik cair (POC) (Purba dkk., 2013). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Budiwansah (2021) fermentasi limbah udang menghasilkan kandungan hara makro seperti Ca, N, P, K, Mg dan S serta kandungan hara mikro seperti Fe, Mn, Cu dan Zn. Menurut penelitian yang telah dilakukan Gaothama (2022) ekstrak POC dari limbah udang dalam bahan basah mengandung unsur hara yaitu N (2.359 ppm), P (721 ppm), K (312 ppm), Ca (723 ppm), Mg (562 ppm), Zn (0,8 ppm), Mn (0,4 ppm), Fe (229 ppm) dan C-Organik (192 ppm). Unsur hara N berperan dalam pertumbuhan vegetatif tanaman. Unsur hara N mempengaruhi pembentukan daun dan sel-sel baru sebagai komponen utama penyusun bahan organik pada tanaman. Metabolisme tanaman akar terganggu bila kekurangan unsur hara N (Augustien dan Suhardjono, 2016).

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan gulma air terbesar yang memiliki laju pertumbuhan yang cepat dengan mengambil ruang tumbuh dan hara. Eceng gondok mengandung bahan organik yang potensial untuk pertumbuhan tanaman (Moi dkk., 2015). Menurut penelitian Sittadewi (2007) produktivitas eceng gondok pada sawi hibrida dengan penggunaan $\frac{1}{2}$ kg per tanaman dapat memberikan hasil bobot segar tanaman sawi hibrida yang lebih baik dibandingkan kontrol dengan rata-rata 45 gram dan kontrol 37 gram. Menurut penelitian yang telah dilakukan Moi dkk. (2015) eceng gondok bahan segar mengandung C-organik (2.123 ppm), N (28 ppm), P (11 ppm), dan K (16 ppm). Komposisi N, P, K, dan C-organik pada eceng gondok sangat diperlukan tanaman dan dapat memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman cabai (Yuliatin dkk., 2018).

Penggunaan air kelapa tua sebagai pupuk organik cair (POC) lebih efektif karena kandungan nutrisinya lebih banyak daripada air kelapa muda. Air kelapa tua kaya akan kalium dan mineral yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman (Neny, 2017). Menurut Sari dkk. (2021) pada tanaman tomat, air kelapa tua dapat meningkatkan pertumbuhan daun dibandingkan tanpa penggunaan pupuk air kelapa. Air kelapa tua mengandung sitokinin yang mampu merangsang pembentukan daun. Menurut penelitian yang telah dilakukan Rosniawaty dkk. (2018) air kelapa tua mengandung N (180 ppm), P (1.385 ppm), K (1.200 ppm), Ca (60 ppm), Mg (50 ppm) dan C-organik (452 ppm). Unsur hara P merupakan unsur makro esensial yang dibutuhkan tanaman untuk pembelahan sel dan pembentukan tubuh tanaman. Keberadaan P berguna dalam menyeimbangkan kesuburan tanaman (Gunawan dkk., 2019).

Kulit nanas berdasarkan kandungan nutrisinya mengandung 81,72 % air; 20,87 % serat kasar; 17,53 % karbohidrat; 4,41 % protein dan 13,65 % gula reduksi. Kulit nanas memiliki unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro pada kulit nanas antara lain Fosfat, Kalium, Nitrogen, Kalsium, dan Magnesium. Sedangkan unsur hara mikro pada kulit nanas antara lain Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu), dan Seng (Zn). Unsur hara tersebut berguna untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman baik fase vegetatif maupun generatif. Selain itu, kulit nanas banyak digunakan karena dapat meningkatkan daya tahan atau kekebalan tanaman terhadap penyakit (Susi dkk., 2018). Menurut penelitian yang telah dilakukan Ayu (2020) POC limbah kulit nanas bahan basah memiliki kandungan N (33,4 ppm), P (41,49 ppm), K (716,81 ppm), Ca (118,20 ppm), dan Mg (21,71 ppm). Unsur hara K berguna untuk mencegah tanaman gugur sehingga dapat meningkatkan bobot segar tanaman (Syahputra, 2022).

2.6 Eco Enzyme

Eco enzyme dikembangkan pertama kali oleh Dr. Rasukan Poompanvong dari negara Thailand. *Eco enzyme* merupakan cairan yang kompleks yang dihasilkan dari fermentasi bahan organik, gula, dan air. Bahan organik kulit buah dan sayuran berbentuk protein dan organik yang kompleks. Bahan organik tersebut melewati

proses fermentasi secara anaerob, yang memecah organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Prinsip kerja *eco enzyme* yaitu seperti pengomposan tetapi dengan ditambahkan sedikit air sehingga hasil akhirnya berupa cairan yang dapat fleksibel saat digunakan (Laela dkk., 2022). Aroma khas *eco enzyme* tersebut dihasilkan oleh asam laktat melalui penyusutan pH atau naiknya tingkat keasaman. Hasil akhir *eco enzyme* berwarna coklat muda dan keruh dan beraroma khas fermentasi asam manis yang kuat (Pratamadina dan Wikaningrum., 2022).

Aplikasi *eco enzyme* pada tanaman dengan sistem hidroponik terdapat 2 cara yaitu melalui melalui larutan nutrisi dan melalui daun dengan penyemprotan atau *spray* (Fanani dkk., 2014). Teknik aplikasi *spray* daun lebih efektif meningkatkan pertumbuhan tanaman. Daun tanaman menyerap unsur hara melalui stomata yang terbuka pada pagi hari. *Eco enzyme* yang diberikan lewat daun mempercepat penyerapan unsur hara yang memperbanyak cadangan makanan pada tanaman walaupun dalam konsentrasi yang rendah (Adawiyah dan Afa., 2018).

Eco enzyme memanfaatkan limbah organik basah yang memiliki kadar air tinggi. Limbah kulit buah seperti kulit nanas, kulit jeruk, kulit pisang, dan kulit semangka dapat dijadikan bahan baku pembuatan *eco enzyme*. Menurut Susi dkk. (2018) kulit nanas mengandung N (01,27%), P (23,63), dan K (08,25). Sedangkan kulit pisang mengandung N (0,031%), P (0,015%), K (0,037%). Menurut Maharany dkk. (2024) pada bahan organik kulit jeruk mengandung N (0,11), P (0,01015), dan K (0,0985%). Menurut Hia dkk. (2023) pada kulit semangka mengandung unsur hara yaitu N (0,07%), P (0,08%) dan K (0,30%). Untuk melengkapi bahan organik sebagai substrat utama pada pembuatan *eco enzyme* dapat pula dimanfaatkan limbah sayuran yang berpotensi melengkapi unsur hara pada produk *eco enzyme*. Bahan organik sayuran tersebut yang mudah ditemui yaitu sawi putih, kangkung, dan kubis (Ismail dkk., 2023).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini akan dilaksanakan di Kebun Lapang, Kelurahan Kota Sepang Jaya, Kecamatan Labuhan Ratu, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 2 November 2025 sampai dengan 7 Desember 2025.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain instalasi hidroponik NFT, pH meter, TDS meter (*total dissolved soil*), klorofil meter SPAD (*soil plant analysis development*), lux meter, termometer hygrometer htc-2, *nanobubble aerator*, netpot, rockwool, mikroskop, timbangan digital, oven, ember 16 L, pompa nutrisi, kain flannel, styrofoam, jerigen ukuran 1 L dan 20 L, drum tandon nutrisi ukuran 40 Liter, botol semprot ukuran 150 ml, alat tulis, dan kamera digital. Adapun bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah benih sawi caisim varietas tosan dengan merk cap panah merah dari PT East West Seed Indonesia, AB Mix dengan merk *paramudita nutrient*, limbah udang, gulma eceng gondok, air kelapa tua, dan kulit nanas, kulit jeruk, kulit pisang, serta kulit semangka, limbah sawi putih, limbah kangkung, dan limbah kubis, EM4, molase tetes tebu, gula aren, dan air bersih.

3.3 Metode Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 6 ulangan, sehingga diperoleh 24 satuan

percobaan. Setiap satuan percobaan terdapat 6 lubang tanam sehingga diperoleh 144 populasi tanaman.

Perlakuan pada penelitian ini yaitu:

- (1) P1 = 100% AB Mix (Kontrol)
- (2) P2 = 75% AB Mix + 2 ml/l *eco enzyme*
- (3) P3 = 75% AB Mix + 25% POC teknologi nano
- (4) P4 = 75% AB Mix + 25% POC teknologi nano + 2 ml/l *eco enzyme*

Data yang diperoleh dianalisis dengan uji homogenitas menggunakan uji Bartlett dan uji aditivitas menggunakan uji Tukey. Apabila asumsi terpenuhi, maka akan dilakukan analisis ragam dan pemisahan nilai tengah menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

Tata letak percobaan disajikan pada Gambar 3.

P1U1	P1U2	P1U3	P2U4	P2U5	P2U6
P2U1	P2U2	P2U3	P1U4	P1U5	P1U6
P3U1	P3U2	P3U3	P3U4	P4U5	P4U6
P4U1	P4U2	P4U3	P4U4	P3U5	P3U6

Gambar 3. Tata letak percobaan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Berikut adalah beberapa kegiatan yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini:

3.4.1 Penyemaian Benih Sawi

Penyemaian benih pada penelitian ini dilakukan dengan media tanam rockwool. Penyemaian dilakukan pada nampan berbahan plastik. Rockwool yang digunakan sebelumnya dipotong dadu dengan ukuran 2 cm x 2,5 cm. Rockwool yang sudah terpotong kemudian dilubangi untuk meletakkan benih. Benih direndam dahulu dengan air untuk menghindari benih yang rusak kemudian benih yang tenggelam diletakkan pada tiap-tiap rockwool. Jumlah tanaman yang disemai dilebihkan dari populasi tanam untuk dilakukan penyulaman ketika terdapat tanaman yang mati

atau abnormal. Benih sawi diamati setelah 2 hari semai untuk memastikan bahwa benih berkecambah. Penyemaian benih sawi dilakukan selama 7 hari hingga kecambah memiliki 4 helai daun.

3.4.2 Pembuatan Larutan AB Mix

Pembuatan campuran nutrisi AB Mix terdiri dari nutrisi A dan B. Larutan nutrisi disiapkan dalam wadah terpisah larutan 500 ml nutrisi A dan 500 ml nutrisi B. Wadah yang digunakan berupa jerigen berukuran 1 liter. Pengaplikasian larutan nutrisi AB Mix dalam penelitian ini menggunakan perbandingan 5:5:1. Setelah larutan nutrisi A dan nutrisi B sudah tercampur merata, selanjutnya diaduk kembali hingga larutan tersebut homogen.

3.4.3 Pembuatan *Eco Enzyme*

Eco enzyme dibuat dengan menggunakan bahan organik sebagai substrat utama. Bahan yang digunakan pada penelitian berupa kulit buah dan sayuran dengan komposisi kulit buah berupa kulit nanas 760 gram, kulit jeruk 760 gram, kulit pisang 120 gram, dan kulit semangka 760 gram serta limbah sayuran berupa sawi putih 370 gram, kubis 600 gram, dan kangkung 230 gram, serta molase tetes tebu sebanyak 0,9 kg, dan air bersih sebanyak 9 liter.

Adapun langkah-langkah pembuatan *eco enzyme* menurut penelitian yang telah dilakukan Nangoi dkk. (2022) sebagai berikut:

1. Cuci bersih seluruh bahan organik untuk menghilangkan kotoran dengan air yang mengalir, kemudian potong menjadi beberapa bagian kecil agar proses fermentasi berjalan dengan sempurna.
2. Setelah itu masukkan potongan bahan organik ke jerigen berkapasitas 20 L, kemudian campurkan bahan tersebut dengan air dan molase aduk hingga seluruh bahan tercampur.
3. Tutup rapat jerigen untuk menciptakan lingkungan fermentasi. Selama proses fermentasi, dilakukan pengontrolan pada 1 minggu pertama dengan berikan

ruang untuk wadah mengeluarkan gas, kemudian aduk bahan tersebut pada setiap 30 hari dan 60 hari.

5. Fermentasi berlangsung selama 3 bulan (90 hari) pada suhu ruang dan tidak terkena cahaya matahari langsung.
6. Pemberian *eco enzyme* dilakukan saat umur 7 hari setelah pindah tanam dengan frekuensi penyemprotan daun yaitu 2 kali dalam 1 minggu.

3.4.4 Pembuatan POC Teknologi Nano

Pupuk organik cair (POC) dibuat dengan tujuan untuk menghasilkan pupuk cair yang memiliki ukuran partikel lebih kecil sehingga lebih mudah terurai dan meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi. POC pada penelitian ini dibuat menggunakan bahan dasar kepala serta kulit limbah udang, eceng gondok dengan semua bagian kecuali akar, air kelapa tua, dan kulit nanas. Fermentasi bahan organik melibatkan EM4 dan gula merah sebagai sumber energi bagi mikroorganisme, yang kemudian dilanjutkan dengan nano aktivasi menggunakan alat *nanobubble aerator*.

Teknologi nano bekerja dengan memperkecil ukuran partikel larutan menjadi gelembung gas yang berukuran nanometer sehingga menciptakan stabilitas larutan dan oksigen yang bertahan cukup lama. Adapun langkah-langkah pembuatan POC teknologi nano sebagai berikut:

1. Komposisi POC yang digunakan pada penelitian ini berupa kepala dan kulit limbah udang 500 gram, eceng gondok kecuali bagian akar sebanyak 500 gram, air kelapa tua 300 ml, kulit nanas 300 gram, EM4 350 ml, gula aren 350 ml, dan air bersih 7 L.
2. Memilih bagian bahan organik yang layak digunakan dengan kriteria masih segar, tidak busuk, tidak keras, dan tidak terdapat belatung kemudian cuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada bahan. Bahan organik yang sudah tercuci bersih dapat dipotong menjadi bagian yang lebih kecil agar proses fermentasi lebih cepat.

3. Memasukkan semua bahan organik ke ember berkapasitas 16 L. Campuran bahan diaduk hingga homogen kemudian ember tutup rapat dan diletakan pada tempat yang teduh selama 14 hari fermentasi.
4. Jika waktu fermentasi sudah terpenuhi, bahan disaring dengan kain halus untuk memisahkan bahan padat yang masih tertinggal.
5. Larutan POC yang sudah tersaring dipindahkan ke wadah yang dilengkapi dengan alat *nanobubble aerator*. Penggunaan alat ini berlangsung sekitar 2-3 jam tergantung banyaknya larutan yang digunakan. Proses ini akan menghasilkan POC dengan ukuran partikel yang kecil dan meningkatkan kadar oksigen pada larutan.
6. Larutan yang sudah teraktivasi nano dapat disimpan pada botol tertutup dan dapat digunakan.



Gambar 4. Aktivasi teknologi nano pada POC.

3.4.5 Pencampuran Larutan Nutrisi Perlakuan

Menurut penelitian yang telah dilakukan Pangaribuan dkk. (2023) komposisi nutrisi terbaik POC sawi sebagai substitusi nutrisi AB Mix yaitu pada perlakuan 75% AB Mix dan 25% POC yang dapat meningkatkan tanaman, ditunjukkan oleh rata-rata variabel pengamatan panjang daun 17,26 cm, lebar daun 12,42 cm, jumlah daun 12,50, tingkat kehijauan daun 37,08, bobot segar batang dan daun 159,50 g, serta bobot kering batang dan daun 12,00 g. Pengenceran larutan nutrisi yang diberikan berdasarkan tiap perlakuan sebagai berikut.

P1 = 100% AB Mix
 = 10 ml larutan nutrisi AB Mix

- P2 = 75% AB Mix + *eco enzyme*
 = 7,5 ml larutan nutrisi AB Mix + 2 ml *eco enzyme*
- P3 = 75% AB mix + 25% POC teknologi nano
 = 7,5 ml larutan nutrisi AB Mix + 50 ml POC teknologi nano
- P4 = 75% AB mix + 25% POC teknologi nano + *eco enzyme*
 = 7,5 ml larutan nutrisi AB Mix + 50 ml POC teknologi nano + 2 ml *eco enzyme*

Pencairan larutan nutrisi untuk semua perlakuan ditempatkan di dalam tandon dengan volume air 15 liter.

- P1 = 10 ml x 15 L: 150 ml AB Mix
- P2 = 7,5 ml x 15 L: 112,5 ml AB Mix + 2 ml/l *eco enzyme*
- P3 = 7,5 ml x 15 L: 112,5 ml AB Mix
 = 50 ml x 15 L: 750 ml POC teknologi nano
- P4 = 7,5 ml x 15 L: 112,5 ml AB Mix
 = 50 ml x 15 L: 750 ml POC teknologi nano
 + 2 ml/l *eco enzyme*

3.4.6 Pindah Tanam

Pindah tanam hasil penyemaian sawi menuju instalasi sistem NFT dilakukan setelah bibit berumur 7 hari dan memiliki perakaran yang cukup dengan daun berjumlah 4 helai. Wadah tanam yang digunakan saat pindah tanam berupa netpot berdiameter 8 cm yang telah diberi sumbu berupa kain flannel yang memiliki panjang kurang lebih 10 cm. Pemberian kain flannel bertujuan untuk membantu proses penyerapan nutrisi dikarenakan akar belum bisa menyentuh aliran nutrisi secara langsung.

3.4.7 Pemeliharaan

Pemeliharaan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengontrolan ppm, pH, dan suhu nutrisi. Pengontrolan air nutrisi dilakukan untuk mengetahui kadar keasaman dan kepekatan larutan dengan menggunakan alat TDS meter (*total*

dissolved solids), sedangkan pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter. Menurut penelitian yang telah dilakukan Sotyohadi dkk. (2020) menunjukkan nilai ideal TDS pada air nutrisi hidroponik berkisar 800-1000 ppm serta pH ideal berkisar 5,5-6,5. Alat TDS meter dan pH meter yang telah digunakan dibersihkan atau dilap dengan air bersih dengan tujuan untuk menetralkan alat yang telah bersentuhan langsung dengan air nutrisi sebelumnya. Larutan nutrisi yang terlalu pekat atau terlalu tinggi akan ditambahkan dengan air baku, sedangkan larutan nutrisi yang kepekataannya rendah akan ditambahkan nutrisi sesuai dengan perlakuannya. Untuk mempertahankan pH pada larutan dilakukan dengan menambahkan sedikit demi sedikit larutan pH *up* yang mengandung kalium hidroksida (KOH) ataupun pH *down* yang mengandung asam fosfat (H_3PO_4).

3.4.8 Pengendalian Hama

Pengendalian hama dapat dilakukan dengan melakukan pengendalian secara manual yaitu dengan membuang hama pada tanaman maupun disekitar tanaman. Pengendalian dilakukan secara rutin setiap hari untuk mencegah dan mengurangi kerusakan pada tanaman yang disebabkan oleh hama.

3.4.9 Pemanenan

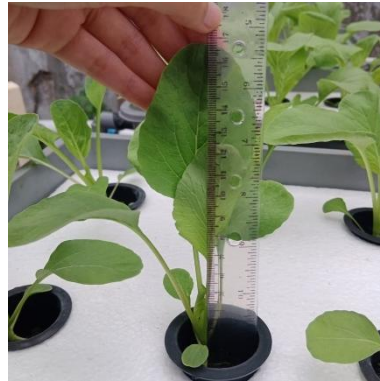
Pemanenan dapat dilakukan setelah tanaman sawi berumur 35 hari setelah tanam (hst). Proses pemanenan dilakukan dengan memisahkan tanaman sawi dari netpot serta memotong akar yang masih menempel pada media tanam rockwool.

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan yang diamati pada penelitian ini yaitu tinggi tanaman, lebar daun, panjang daun, jumlah daun, panjang tangkai daun, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, tingkat kehijauan daun (TKD), panjang akar, bobot segar akar, faktor lingkungan dan kadar ppm, pH dan suhu nutrisi.

3.5.1 Tinggi Tanaman (cm)

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada 3 sampel tanaman setiap ulangan perlakuan dan diukur setiap minggu, dimulai pada 14, 21, 28, dan 35 HSA. Alat yang digunakan yaitu penggaris dengan mengukur tanaman dari permukaan atas *rockwool* sampai dengan daun terpanjang.



Gambar 5. Pengukuran tinggi tanaman sawi.

3.5.2 Lebar Daun (cm)

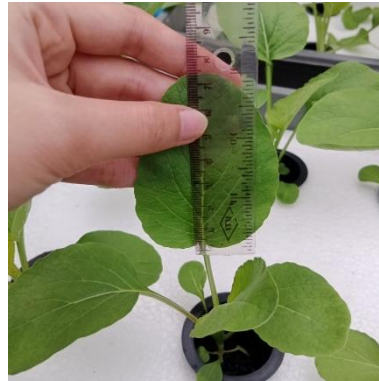
Pengukuran lebar daun dilakukan pada 3 sampel tanaman pada setiap ulangan perlakuan dan diukur setiap minggu, dimulai pada 14, 21, 28, dan 35 HSA. Alat yang digunakan yaitu penggaris dengan mengukur bagian sisi daun yang paling lebar.



Gambar 6. Pengukuran lebar daun tanaman sawi.

3.5.3 Panjang Daun (cm)

Pengukuran panjang daun dilakukan pada 3 sampel tanaman pada setiap ulangan perlakuan dan diukur setiap minggu, dimulai pada 14, 21, 28, dan 35 HSA. Alat yang digunakan yaitu penggaris dengan mengukur pangkal daun (basis) sampai dengan ujung daun (apex).



Gambar 7. Pengukuran panjang daun tanaman sawi.

3.5.4 Jumlah Daun (helai)

Pengamatan jumlah daun dilakukan pada 3 sampel tanaman setiap ulangan perlakuan dan dihitung setiap minggu, dimulai pada 14, 21, 28, dan 35 HSA. Pengamatan dilakukan dengan menghitung banyaknya daun yang terdapat pada setiap tanaman baik daun tua maupun muda.

3.5.5 Panjang Tangkai Daun (cm)

Pengukuran panjang tangkai daun dilakukan pada 3 sampel tanaman setiap ulangan perlakuan dan diukur setiap minggu, dimulai pada 14, 21, 28, dan 35 HSA. Alat yang digunakan yaitu penggaris dengan mengukur pangkal batang daun hingga ujung pangkal bawah daun.



Gambar 8. Pengukuran panjang tangkai daun tanaman sawi.

3.5.6 Bobot Segar Tanaman (gram)

Pengukuran bobot segar tanaman dilakukan pada 3 sampel tanaman dari setiap ulangan perlakuan, pada saat panen yaitu 35 HSA. Pengukuran dilakukan dengan menimbang seluruh bagian tanaman yang telah dibersihkan menggunakan timbangan digital dengan satuan pengukuran gram.



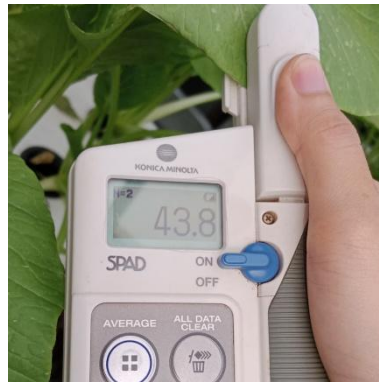
Gambar 9. Pengukuran bobot segar tanaman sawi.

3.5.7 Bobot Kering Tanaman (gram)

Pengukuran bobot kering tanaman dilakukan pada 3 sampel tanaman dari setiap ulangan perlakuan, pada saat panen yaitu umur 35 HSA. Pengukuran dilakukan dengan menimbang seluruh bagian tanaman menggunakan timbangan digital dengan satuan pengukuran gram, setelah melewati proses pengeringan menggunakan oven.

3.5.8 Tingkat Kehijauan Daun (TKD)

Pengamatan tingkat kehijauan daun (TKD) dilakukan pada 3 sampel tanaman setiap ulangan perlakuan, pada saat umur 20 HSA. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan alat klorofil meter yaitu SPAD (*soil plant analysis development*). Kadar klorofil pada daun ditunjukkan oleh satuan unit. Pengamatan dilakukan dengan mengambil 3 titik daun yaitu pada bagian sisi bawah, tengah, dan atas daun.



Gambar 10. Pengukuran tingkat kehijauan daun tanaman sawi.

3.5.9 Panjang Akar (cm)

Pengukuran panjang akar dilakukan pada 3 sampel tanaman dari setiap ulangan perlakuan, pada saat panen yaitu umur 35 HSA. Alat yang digunakan yaitu penggaris dengan mengukur 3 akar terpanjang setiap sampel tanaman.



Gambar 11. Pengukuran panjang akar tanaman sawi.

3.5.10 Bobot Segar Akar (gram)

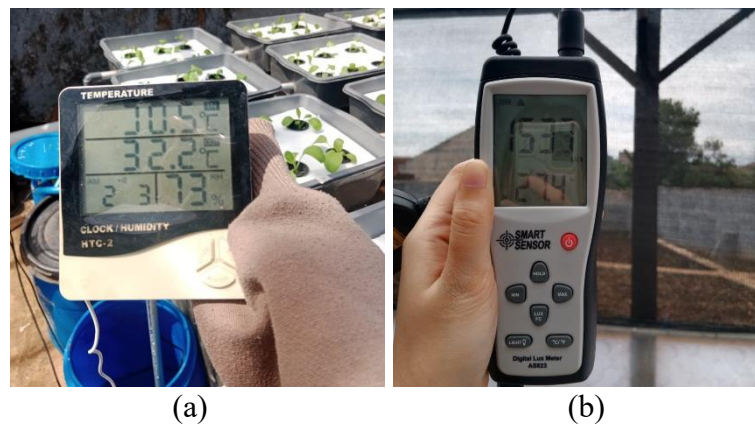
Pengukuran bobot segar akar dilakukan pada 3 sampel tanaman dari setiap ulangan perlakuan, pada saat panen yaitu umur 35 HSA. Pengukuran dilakukan dengan menimbang bagian akar tanaman yang telah dibersihkan menggunakan timbangan digital dengan satuan pengukuran gram.



Gambar 12. Pengukuran bobot basah akar tanaman sawi.

3.5.11 Faktor Lingkungan

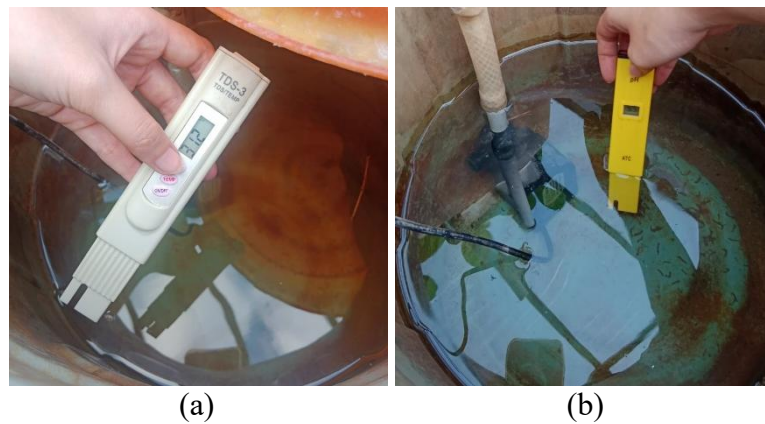
Pengamatan faktor lingkungan dilakukan setiap hari, pada pagi hari (pukul 08.00 WIB), siang hari (pukul 12.00 WIB), dan sore hari (pukul 16.00 WIB), dimulai dari 7 HSA hingga 35 HSA. Faktor lingkungan suhu dan kelembaban diamati dengan menggunakan termometer Hygrometer HTC 2 sedangkan faktor intensitas cahaya diamati dengan menggunakan alat Lux Meter.



Gambar 13. Pengamatan faktor lingkungan, (a). Pengukuran suhu dan kelembaban; (b). pengukuran intensitas cahaya.

3.5.12 Kadar Kepekatan Larutan, pH, dan Suhu Larutan Nutrisi

Pengontrolan air nutrisi dilakukan setiap hari, dimulai dari awal pindah tanam hingga akhir percobaan. Pengukuran ppm dan suhu menggunakan alat TDS meter (*total dissolved solids*) dengan cara mencelupkan alat kedalam larutan nutrisi hidroponik selama 10-20 detik pada pagi hari hingga nilai TDS berkisar 800-1000 ppm dan suhu nutrisi berkisar 15-30°C. Sedangkan pengukuran *potential of hydrogen* (pH) menggunakan alat pH meter dengan cara mencelupkan alat ke dalam larutan hingga muncul angka di layar alat dan nilai pH berkisar 5,5-6,5.



Gambar 14. Pengontrolan air nutrisi, (a). Pengukuran kepekatan larutan nutrisi dan suhu larutan nutrisi; (b). Pengukuran pH larutan nutrisi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

1. Substitusi parsial pupuk organik cair (POC) berteknologi nano dan *eco enzyme* mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi seperti tinggi tanaman, lebar daun, panjang daun, bobot segar tanaman, tingkat kehijauan daun, dan panjang akar lebih baik dibandingkan dengan menggunakan 100% nutrisi AB Mix (kontrol).
2. Perlakuan 75% nutrisi AB Mix + 25% pupuk organik cair (POC) berteknologi nano + 2 ml/l *eco enzyme* merupakan perlakuan terbaik yang meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pada variabel pengamatan seperti tinggi tanaman, lebar daun, tingkat kehijauan daun, berat segar tanaman, berat segar akar dan panjang akar, tetapi tidak berpengaruh pada peningkatan jumlah daun, panjang tangkai daun dan bobot kering tanaman.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait optimalisasi terhadap komposisi dan konsentrasi pupuk organik cair (POC) dan *eco enzyme* guna mencapai formulasi substitusi parsial yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil secara signifikan. Disarankan pula untuk meningkatkan frekuensi penggunaan teknologi nano agar mencapai efektivitas maksimalnya dan juga menerapkan pada jenis tanaman sayuran lainnya seperti selada, bayam, pakcoy, dan kailan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrilisia, L., Fevria, R., Vauzia, V., dan 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.
- Alqaramah, R., Fevria, R., Vauzia, V., dan 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.
- Anastasia, I., Izzati, M., dan Suedy, S. W. A. 2014. Pengaruh pemberian kombinasi pupuk organik padat dan organik cair terhadap porositas tanah dan pertumbuhan tanaman bayam (*Amarantus tricolor* L.). *Jurnal Akademika Biologi*. 3(2): 1-10.
- Anggaeni, T. T. K., Indraswari, N., dan Sujatmiko, B. 2022. Sosialisasi pangan asuh (aman, sehat, utuh, dan halal) dan jajanan sehat dalam upaya meningkatkan kesadaran masyarakat atas kualitas hidup sehat. *Media Kontak Tani Ternak*. 4(1): 27-35.
- Ansar, A., Putra, G. M. D., dan Ependi, O. S. 2019. Analisis variasi jenis dan panjang sumbu terhadap pertumbuhan tanaman pada sistem hidroponik. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. 7(2): 166-173.
- Apriliansyah, K. B., dan Wibisono, M. H. 2022. Pemanfaatan limbah kulit buah dan sayur menjadi *eco enzyme*. *Enviromental Science Journal (ESJo): Jurnal Ilmu Lingkungan*. 1(1): 1-5.
- Ardy, A. H., Irhasyuarna, Y., dan Sari, M. M. 2022. Pengaruh pupuk organik cair keong mas terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Juster: Jurnal Sains dan Terapan*. 1(3): 131-142.
- Ariningsih, E. 2016. Prospek penerapan teknologi nano dalam pertanian dan pengolahan pangan di Indonesia. *In Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 3(1): 1-20.
- Ashari, A. M., Apindiati, R. K., Amir, A., Dirhana, D., dan Amran, A. 2024. Production and characterization of nutrients from ecoenzymes based on fruit waste and green vegetable waste. *Jurnal Biologi Tropis*. 24(2): 456-460.

- Augustien, N., dan Suhardjono, H. 2016. Peranan berbagai komposisi media tanam organik terhadap tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) di polybag. *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 14(1): 54-58.
- Aulia, Y. N., Putri, L. E., Anhar, A., dan Violita, V. 2022. The effect of the dose of eco enzyme on the increase in leaf area of kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir). *Jurnal Serambi Biologi*. 7(2): 137-140.
- Bolly, Y. Y. 2012. Kandungan fosfor dan kadmium pada tanah dan beras serta risiko kadmium bagi kesehatan penduduk di kelurahan tarus. *Agrica*. 5(2): 115-130.
- Budiwansah, M. 2021. Pengaruh air ekstrak limbah udang dan nutrisi ab mix terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda (*Brassica narinosa*) dengan ssistem budidaya hidroponik sistem sumbu wick. *Jurnal Agroteknologi Agribisnis dan Akuakultur*. 1(1): 31-40.
- Cahya, C. A. D., Syarifuddin, A., dan Syukur, A. S. 2019. Efektifitas ekstrak etanol daun sawi hijau (*Brassica rapa* var. *Parachinensis*) sebagai pelembab kulit dengan sediaan masker *peel-off*. *Jurnal Farmasimed (Jfm)*. 2(1): 6-15.
- Cahyanda, R. Q., Agustin, H., dan Fauzi, A. R. 2022. Pengaruh metode penanaman hidroponik dan konvensional terhadap pertumbuhan tanaman selada romaine dan pakcoy. *Jurnal Bioindustri*. 4(2): 109-119.
- Cahyono, B. 2003. *Teknik dan strategi budidaya sawi hijau (Pai-Tsai)*. Yogyakarta, Indonesia: Pustaka Nusantara.
- Dahlianah, I., Emilia, I., dan Utpalasri, L. R. 2021. Respon pertumbuhan tanaman sawi pagoda (*Brassica narinosa* L.) dengan substitusi poc sampah rumah tangga sistem hidroponik rakit apung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 4(2): 337-344.
- Dewi, E., Agustina, R., dan Nuzulina, N. 2021. Potensi limbah air cucian beras sebagai pupuk organik cair (poc) pada pertumbuhan sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Agroristek*. 4(2): 40-46.
- Dwisvimiar, I., dan Kusumaningsih, R. 2023. Pembuatan pupuk organik cair (poc). *Jurnal Ilmiah Pengabdian Dan Inovasi*. 1(4): 679-690.
- Fadhilah, A., Pangaribuan, D. H., dan Widagdo, S. 2023. Pengaruh konsentrasi ekstrak daun lamtoro pada tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) dengan sistem hidroponik NFT. *Jurnal Agrotek Tropika*. 11(4): 641-649.
- Fadlilla, T., Budiastuti, M. T. S., dan Rosariastuti, R. 2023. Potensi limbah organik sayuran sebagai pupuk eco enzyme mendukung pertumbuhan dan produksi pakcoy (*Brassica rapa* L.). *In Prosiding Seminar Nasional Sinergi Riset dan Inovasi*. 1(1): 1-12.

- Fanani, M. R., Hastuti, P. B., dan Rusmarini, U. K. 2024. Pengaruh cara aplikasi dan konsentrasi eco enzyme terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang panjang. *Agroforetech*. 2(1): 272-278.
- Febriyono, R., Susilowati, Y. E., dan Suprpto, A. 2017. Peningkatan hasil tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* L.) melalui perlakuan jarak tanam dan jumlah tanaman per lubang. *Vigor: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*. 2(1): 22-27.
- Frasetiawan, B. T., Budi, S., dan Hariyanti, A. 2023. Pengaruh konsentrasi ab mix terhadap pertumbuhan dan hasil kubis bunga dengan sistem hidroponik substrat. *Jurnal Sains Pertanian Equator*. 12(2): 267-275.
- Fuadi, A., Sami, M., Usman, U., dan Saifuddin, S. 2020. Teknologi tepat guna budidaya ikan lele dalam kolam terpal metode bioflok dilengkapi aerasi nano bubble oksigen. *Jurnal Vokasi*. 4(1): 39-45.
- Gaothama, R. G. 2022. Pemanfaatan air cucian udang dan pupuk kotoran kambing terhadap produksi dan pertumbuhan tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Skripsi*. Univeritas Pembangunan Panca Budi.
- Gashgari, R., Alharbi, K., Mughrbil, K., Jan, A., and Glolam, A. 2018. Comparison between growing plants in hydroponic system and soil based system. *Proceedings of the 4th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering*.
- Ginanjar, A., Banu, L. S., dan Suryani, S. 2021. Respon sawi samhong (*Brassica rapa*) terhadap urin kelinci dan pupuk organik cair kulit nanas dalam ab mix pada sistem wick. *Jurnal Ilmiah Respati*. 12(2): 147-162.
- Gunawan, G., Wijayanto, N., dan Budi, S. W. 2019. Karakteristik sifat kimia tanah dan status kesuburan tanah pada agroforestri tanaman sayuran berbasis Eucalyptus Sp. *Journal of Tropical Silviculture*. 10(2): 63-69.
- Hadisuwito, S. 2012. *Membuat pupuk organik cair*. Jakarta, Indonesia: AgroMedia.
- Harlis, H., Budiarti, R. S., Kapli, H., dan Sanjaya, M. E. 2019. Produksi pupuk cair dari isolat bakteri limbah sayur pasar angso duo Jambi dalam meningkatkan perekonomian dan kesehatan lingkungan masyarakat Jambi. *Biospecies*. 12(1): 40-48.
- Hermawan, F. 2024. Analisis keberlanjutan dan strategi pengembangan usaha budidaya hidroponik green house beberapa Kota di Jawa Timur. *Disertasi*. Politeknik Negeri Jember.

- Hidayah, M.E., dan Sitawati. 2021. Upaya peningkatan pertumbuhan dan pembungaan tanaman (*impatiens hawkeri bull*) melalui aplikasi *eco enzyme* dan pupuk kambing. *Journal of Agricultural Science*. 2(6): 157-166.
- Hidayati, N., Rosawanti, P., Yusuf, F., dan Hanafi, N. 2017. Kajian penggunaan nutrisi anorganik terhadap pertumbuhan kangkung (*Ipomoea reptans Poir*) hidroponik system. *Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan*. 4(2): 75-81.
- Huda, M. S., Suheri, H., dan Nufus, N. H. 2023. Pengaruh perbedaan pH larutan hara terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy dalam sistem hidroponik *nutrient film technique* (nft). *Agroteksos*. 33(1): 108-116.
- Ichsan, F. M. 2024. Pengaruh *eco enzyme* dan biochar sekam padi terhadap pertumbuhan bibit tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum* l.) pada media podsolik merah kuning. *Dinamika Pertanian*. 40(3): 251-264.
- Ismail, H., Arsyah, M., Sugiarto, S., Rifai, D. A., dan Rahmawati, R. 2023. Pemanfaatan hasil pengolahan sampah sayuran dan buah-buahan sebagai produk serbaguna al-khidmah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 3(2): 79-88.
- Istanti, A., Indraloka, A. B., dan Utami, S. W. 2023. Karakteristik pupuk cair *eco enzyme* berbahan dasar limbah sayur dan buah terhadap kandungan nutrisi dan bahan organik. *Agriprima. Journal of Applied Agricultural Sciences*. 7(1): 79-85.
- Iwardani, W. 2011. Perencanaan produksi sayuran hidroponik parung farm di unit kebun parung bogor. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Jamaludin, M., dan Ranchiano, M. G. 2018. Jumlah tanaman per lubang tanam terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica oleraceae*) pada penanaman sistem hidroponik NFT. *Jurnal Wacana Pertanian*. 14(1): 32-40.
- Jasmine, N. A., dan Rachmawati, D. 2024. Pengaruh larutan hara dan *eco enzyme* terhadap pertumbuhan sawi hijau (*Brassica juncea* L.) pada sistem hidroponik. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*. 12(1): 28-36.
- Karoba, F., dan Nurjasmi, R. 2015. Pengaruh perbedaan pH terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan (*Brassica oleraceae*) sistem hidroponik nft (*nutrient film technique*). *Jurnal Ilmiah Respati*. 6(2): 529-534.
- Kurniawati, H. Y., Karyanto, A., dan Rugayah, R. 2015. Pengaruh pemberian pupuk organik cair dan dosis pupuk NPK (15: 15: 15) terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(1): 30-35.

- Laela, N., Astuti, A. P., dan Maharani, E. T. W. 2022. Analisis pengaruh penambahan eco enzyme limbah kubis terhadap pengawetan buah tomat dengan perbandingan variasi substrat. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*. 10(2): 122-131.
- Maharany, R., Wagino., Guntoro., Roosmawati F., dan Maulina, V. 2024. Respon pupuk organik cair lamtoro (*Leucaena leucocephala*) daun kulit jeruk (*Citrus x sinensis*) terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di main nursery. *Best Journal*. 7(1): 772-778.
- Manullang, I. F., Hasibuan, S., dan Mawarni, R. 2019. Pengaruh nutrisi ab mix dan media tanam berbeda terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman selada (*Lactuca sativa*) secara hidroponik dengan sistem wick. *Bernas: Agricultural Research Journal*. 15(1): 82-90.
- Marginingsih, R. S., Nugroho, A. S., dan Dzakiy, M. A. 2018. Pengaruh substitusi pupuk organik cair pada nutrisi AB mix terhadap pertumbuhan caisim (*Brassica juncea* L.) pada hidroponik *drip irrigation system*. *Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*. 5(1): 44-51.
- Marnando, U., Widayanti, W., Septilia, S., Hasanah, U., dan Sinensis, A. R. 2022. Utilization of home yard for lettuce cultivation with a hydroponic. *Jurnal Biologi Tropis*. 22(1): 40-45.
- Masniawati. 2013. Optimalisasi pertumbuhan dan produksi tanaman sawi hijau (*Brassica Juncea* L.) secara hidroponik dengan pemberian berbagai bahan organik cair. *Skripsi*. Universitas Hasanudin.
- Mebinta, A., Tanari, Y., dan Jayanti, K. D. 2020. Respon tanaman cabai rawit terhadap pemberian pupuk organik cair rebung bambu. *Jurnal Bioindustri*. 3(1): 559-567.
- Meriatna, M., Suryati, S., dan Fahri, A. 2018. Pengaruh waktu fermentasi dan volume bio aktivator em4 (*effective microorganisme*) pada pembuatan pupuk organik cair (poc) dari limbah buah-buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 7(1): 13-29.
- Moi, A. R. 2015. Pengujian pupuk organik cair dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal Mipa*. 4(1): 15-19.
- Mubarok, S., Mardatillah, A., dan Nuraini, A. 2021. Pertumbuhan dan hasil dua kultivar bayam pada sistem budidaya hidroponik untuk lahan sempit. *Kultivasi*. 20(3): 196-201.
- Mujahid, A., Sudiarso., dan Aini, N. 2017. Uji aplikasi pupuk berteknologi nano pada budidaya tanaman bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 5(3): 538-545.

- Muliarta, I. N., and Novianti, A. 2021. Eco enzym based on household organic waste as multi-purpose liquid. *Agriwar Journal*. 1(1): 12–17.
- Nangoi, R., Paputungan, R., Ogie, T. B., Kawulusan, R. I., Mamarimbing, R., and Paat, F. J. 2022. Utilization of household organic waste as an eco enzyme for the growth and product of cultivate culture (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*. 3(2): 422-428.
- Nate, T. T., Nazimah, N., Rafli, M., Handayani, R. S., Nazirah, L., dan Safrizal, S. 2023. Aplikasi pupuk organik teknologi nano dan komposisi media tanam terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*. 2(4): 94-98.
- Nugraha, M. M. E., dan Sadiyah, H. 2023. Pengaruh penambahan eco enzyme kulit nanas terhadap hasil tiga varietas sawi pakcoy (*Brassica chinensis* L.) pada hidroponik wick system. *Jurnal Agrium*. 20(2): 95-106.
- Nugraha, R. U., dan Susila, A. D. 2015. Sumber sebagai hara pengganti ab mix pada budidaya sayuran daun secara hidroponik. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 6(1): 11-19.
- Nurkhasanah, E., Ababil, D. C., Prayogo, R. D., dan Damayanti, A. 2021. Pembuatan pupuk kompos dari daun kering. *Jurnal Bina Desa*. 3(2): 109-117.
- Oktora, G. I., Yusuf, A., Dwiratna, S., dan Alam, H. S. 2024. Uji kinerja dan penerapan *nanobubble* generator pada hidroponik nutrient film technique (nft) terhadap pertumbuhan selada. *Teknotan: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*. 18(3): 189-198.
- Pangaribuan, D. H., Widagdo, S., Ginting, Y. C., Saputri, I. P., dan Fathulloh, M. 2023. Pengaruh poc rumput laut sebagai substitusi nutrisi ab mix pada tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) dengan sistem hidroponik. *Agrobali: Agricultural Journal*. 6(3): 608-620.
- Pramitasari, H.E., Wardiyati, T., dan Nawawi, M. 2016. Pengaruh dosis pupuk nitrogen dan tingkat kepadatan tanaman terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan (*Brassica oleraceae* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(1): 49-56
- Pramushinta, I. A. K. 2018. Pembuatan pupuk organik cair limbah kulit nanas dengan enceng gondok pada tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* L.) dan tanaman cabai (*Capsicum annum* L.). *Journal of Pharmacy and Science*. 3(2): 37-40.
- Prasetiawati, E. T. 2023. Pengaruh pemberian eco enzyme melalui teknik *spray* daun terhadap pertumbuhan dan bobot basah tanaman Pakcoy (*Brassica rapa*

- L.) pada sistem hidroponik serta implementasinya pada pembelajaran biologi. *Jurnal Pertanian Presisi*. 7(2): 22-28.
- Prasetyo, D., dan Evizal, R. 2021. Pembuatan dan upaya peningkatan kualitas pupuk organik cair. *Jurnal Agrotropika*. 20(2): 68-80.
- Pratamadina, E., dan Wikaningrum, T. 2022. Potensi penggunaan eco enzyme pada degradasi deterjen dalam air limbah domestik. *Serambi Engineering*. 4(1): 2722-2728.
- Purba, R., Sutrisno, E., dan Sumiyati, S. 2013. Pengaruh penambahan limbah udang pada pupuk cair dari fermentasi urin sapi terhadap kualitas unsur hara makro. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2(3): 1-5.
- Purwanto, A. D., Supegina, F., dan Kadarina, T. M. 2019. Sistem kontrol dan monitor suplai nutrisi hidroponik sistem deep flow technique (dft) berbasis *arduino node mcu* dan aplikasi android. *Jurnal Teknologi Elektro*. 10(3): 152-158.
- Putri, R. M. E., Fevria, R., dan Violita, D. M. 2023. Pengaruh eco enzyme teknologi nano terhadap pertumbuhan pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang dibudidayakan secara hidroponik. *Jurnal Produksi Tanaman*. 11(6): 349-358.
- Rahayu, A., Ginanjar, M., dan Tobing, O. L. 2021. Pertumbuhan dan produksi tanaman kailan (*Brassica oleracea* var. alboglabra) pada berbagai media tanam dan konsentrasi nutrisi ab mix dengan sistem hidroponik substrat. *Jurnal Agronida*. 7(2): 86-93.
- Rahmat, P. 2015. *Bertanam hidroponik gak pake masalah*. Jakarta, Indonesia: AgroMedia.
- Rehatta, H., Lawalata, I. J., dan Hiwy, A. 2023. Pengaruh pemberian konsentrasi nutrisi ab mix dan media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau (*Brassica rapa*) dengan sistem hidroponik substrat. *Jurnal Agrologia*. 12(1): 36-43.
- Rosliani, R., dan Sumarni, N. 2005. *Budidaya tanaman sayuran dengan sistem hidroponik*. Bandung, Indonesia: Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Sari, E., Kitty, Y., dan Dwiranti, A. 2016. Sistem hidroponik nft (*nutrient film technique*) dan wick pada penanaman bayam merah. *Surya Octagon Interdisciplinary Journal of Technology*. 1(2): 223-225.
- Sari, T. M., Dewi, A. F., Solihah, L., dan Ariani, A. 2021. Pelatihan pembuatan pupuk organik cair dari limbah budidaya udang vaname di kelompok pembudidaya ikan mina bahari. *Dedikasi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 5(1): 19-24.

- Setiawan, N. D. 2018. Otomasi pencampur nutrisi hidroponik sistem ntf (*nutrient film technique*) berbasis arduino mega 2560. *Jurnal Teknik Informatika Unika Santo Thomas*. 3(2): 78-82.
- Simanjuntak, A. 2016. Pengaruh pemberian pupuk organik *Lumbricus rubellus* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *Disertasi*. Universitas Brawijaya.
- Singgih, M., Prabawati, K., dan Abdulloh, D. 2019. Bercocok tanam mudah dengan sistem hidroponik nft. *Jurnal Abdikarya: Jurnal Karya Pengabdian Dosen dan Mahasiswa*. 3(1): 21-24.
- Sittadewi, E. H. 2007. Pengolahan bahan organik eceng gondok menjadi media tumbuh untuk mendukung pertanian organik. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 8(3): 229-234.
- Soniari, N. N., dan Sutari, N. W. S. 2023. Organic hydroponics based on liquid organic fertilizer. *Journal On Agriculture Science*. 13(2): 247-255.
- Sotyohadi., Dewa, W. S., dan Somawirata, I. K. 2020. Perancangan pengatur kandungan tds dan ph pada larutan nutrisi hidroponik menggunakan metode fuzzy logic. *Alinier: Journal of Artificial Intelligence and Applications*. 1(1): 33-43.
- Suharto, Y. B., dan Wardani, I. K. 2026. Analisis penyerapan larutan hara tanaman pakchoy dan selada romaine pada sistem hidroponik nutrient film technique: nutrient solution absorption analysis of pakchoy and romaine lettuce plants in nutrient film technique hydroponic system. *Jurnal Agritechno*. 19(1): 42-48.
- Sulistyowati, L., dan Nurhasanah, N. 2021. Analisa dosis ab mix terhadap nilai tds dan pertumbuhan pakcoy secara hidroponik. *Jambura Agribusiness Journal*. 3(1): 28-36.
- Susi, N., Surtinah., dan Rizal, M. 2018. Pengujian kandungan unsur hara pupuk organik cair (poc) limbah kulit nenas. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 14(2): 49-48.
- Syahputra, B. S. A. 2022. Potensi poc urin kambing dalam pertumbuhan dan produksi tanaman sayuran. *Agrium: Jurnal Ilmu Pertanian*. 25(1): 52-59.
- Tiwery, R. R. 2014. Pengaruh penggunaan air kelapa (*Cocos nucifera*) terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Biopendix: Jurnal Biologi, Pendidikan Dan Terapan*. 1(1): 86-94.
- Tripama, B., dan Yahya, M. R. 2018. Respon konsentrasi nutrisi hidroponik terhadap tiga jenis tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 16(2): 237-249.

- Usman, N., Pembengo, W., Dude, S., dan Zakaria, F. 2022. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) melalui sistem vertikultur pada media tanam yang berbeda. *Jurnal Agroteknotropika*. 11(1): 18-23.
- Utpalasari, R. L., dan Dahliana, I. 2020. Analisis hasil konversi *eco enzyme* menggunakan nenas (*Ananas comosus*) dan pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Redoks*. 5(2): 135-140.
- Wahdah, R., Nugraha, M. I., dan Safitri, N. 2024. Pemanfaatan kompos eceng gondok untuk pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy di tanah gambut. *Jurnal Agroekoteknologi*. 16(1): 55-68.
- Wahyuni, E. S., Febrianto, A., dan Furoidah, N. 2023. Uji berbagai media tanam hidroponik sistem nft terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman caisim (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*) dan kangkung (*Ipomoea aquatica* F.). *Jurnal Bioshell*. 12(2): 141-150.
- Wibowo, S., dan Arum, A. S. 2013. Aplikasi hidroponik nft pada budidaya pakcoy (*Brassica rapa chinensis*). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 13(3): 159-167.
- Wulan, E. R., dan Susila, A. D. 2018. Optimasi konsentrasi larutan hara pada budidaya selada (*Lactuca sativa* L.) dengan teknologi hidroponik sistem terapan. *Comm: Horticulturae Journal*. 2(2): 36-40.
- Wulandari, R. D., Sani, S. A., Anggraeni, N. P., Mashithoh, N. N., Prihandono, T., dan Mahmudi, K. 2023. Analisis konsep fluida pada sistem perairan hidroponik nft (*nutrient film technique*). *Jurnal Sains Riset*. 13(3): 832-838.
- Wulansari, N. K., Windriyati, R. D. H., dan Kurniawati, A. 2021. Pengaruh formulasi nutrisi terhadap pertumbuhan dan hasil tomat ceri pada sistem hidroponik tetes. *Agrin: Asosiasi Agroindustri Indonesia*. 25(1): 36-47.
- Yuliatin, E., Sari, Y. P., dan Hendra, M. 2018. Efektivitas pupuk organik cair dari eceng gondok (*Eichornia crassipes*) untuk pertumbuhan dan kecerahan warna merah daun aglaonema lipstick. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*. 6(1): 28-34.
- Yuniarti, E., Wahyuni, E. T., dan Kusuma, L. 2023. Analisis konsep ipa pada sistem hidroponik dft (*deep flow technique*). *Jurnal Sintesis: Penelitian Sains, Terapan dan Analisisnya*. 4(1): 26-32.
- Zaidy, A. B., Anggoro, A. D., dan Kasmawijaya, A. 2021. Pengaruh penggunaan *nanobubble* dalam transportasi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Akuatika Indonesia*. 6(2): 50-56.

- Zakiah, Z., dan Turnip, M. 2023. Growth of black orchids (*Coelogyne pandurata* lindl) with additional coenzyme liquid organic fertilizer and biostimulant of cengkodok leaf extract. *Jurnal Biologi Tropis*. 23(2): 143-151.
- Zamriyetti, Z., Siregar, M., dan Refnizuida, R. 2019. Pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) dengan aplikasi beberapa konsentrasi nutrisi ab mix dan monosodium glutamat pada sistem tanam hidroponik wick. *Agrium: Jurnal Ilmu Pertanian*. 22(1): 56-61.
- Zebua, T., Gulo, S. M., dan Gulo, S. S. 2025. Pengaruh pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman dan kualitas tanah. *Flora: Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan*: 2(1): 208-213.