

**PENGARUH SUBSTITUSI NUTRISI AB MIX DENGAN POC NANO DAN
ECO ENZYME TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN
BAYAM (*Amaranthus tricolor* L.) PADA SISTEM
HIDROPONIK NFT**

(Skripsi)

Oleh

**SALSABILA NANDA GUSNIAR
2214161039**



**UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

**PENGARUH SUBSTITUSI NUTRISI AB MIX DENGAN POC NANO DAN
ECO ENZYME TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN
BAYAM (*Amaranthus tricolor* L.) PADA SISTEM
HIDROPONIK NFT**

Oleh

SALSABILA NANDA GUSNIAR

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGARUH SUBSTITUSI NUTRISI AB MIX DENGAN POC NANO DAN ECO ENZYME TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN BAYAM (*Amaranthus tricolor* L.) PADA SISTEM HIDROPONIK NFT

Oleh

SALSABILA NANDA GUSNIAR

Hidroponik adalah suatu metode budidaya tanaman yang menggunakan air sebagai media utama untuk pertumbuhan tanaman. Keberhasilan hidroponik ditentukan oleh nutrisi, umumnya menggunakan AB Mix yang lengkap namun mahal, sebagai alternatif dapat digunakan pupuk organik cair nano dan *eco enzyme*. Penggunaan pupuk organik seperti *eco enzyme* dan pupuk organik cair nano dapat mengurangi ketergantungan pupuk sintetik serta meningkatkan kesuburan tanaman. Pupuk organik cair nano mudah diaplikasikan dan lebih efisien diserap tanaman karena berbentuk larutan. Teknologi nano memungkinkan hara lebih stabil dan dilepaskan secara bertahap sesuai kebutuhan tanaman, sehingga meningkatkan efektivitas pemupukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi AB Mix dengan 25% pupuk organik cair nano dan *eco enzyme* serta menentukan kombinasi perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman bayam. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 4 perlakuan nutrisi dengan 6 ulangan, sehingga diperoleh 24 satuan percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi sebagian AB Mix tidak menurunkan pertumbuhan bayam. Perlakuan substitusi AB Mix sebesar 25% pupuk organik cair nano dan/atau *eco enzyme* meningkatkan hasil jumlah daun, serta memberikan hasil terbaik pada panjang daun, lebar daun, dan tingkat kehijauan daun.

Kata kunci: Bayam, *eco enzyme*, hidroponik NFT, nutrisi AB Mix, pupuk organik cair nano.

ABSTRACT

THE EFFECT OF AB MIX NUTRITION SUBSTITUTION WITH POC NANO AND ECO ENZYME ON THE GROWTH AND YIELD OF SPINACH (*Amaranthus tricolor* L.) IN THE NFT HYDROPONIC SYSTEM

By

SALSABILA NANDA GUSNIAR

Hydroponic is a method of plant cultivation that uses water as the primary medium for plant growth. The success of hydroponic is determined by nutrition, generally using a complete but expensive AB Mix, as an alternative, nano liquid organic fertilizer and eco enzyme can be used. The use of organic fertilizers such as eco enzyme and nano liquid organic fertilizer can reduce dependence on synthetic fertilizers and increase plant fertility. Nano liquid organic fertilizers have the advantage of ease of application and efficient nutrient absorption due to their solution form. Nano liquid organic fertilizer is easy to apply and more efficiently absorbed by plants because it is in solution form. Nanotechnology allows for more stable nutrients and gradual release according to plant needs, thereby increasing fertilization effectiveness. This study aimed to determine the effect of substituting AB Mix with 25% nano liquid organic fertilizer and eco enzyme and to determine the most effective treatment combination in increasing spinach growth and yield. This study used a Completely Randomized Design (CRD) consisting of 4 nutrient treatments with 6 replications, resulting in 24 experimental units. The results showed that partial substitution of AB Mix did not reduce spinach growth. Substitution of AB Mix with 25% nano liquid organic fertilizer and/or eco enzyme increased leaf yield and yield, as well as providing the best results in leaf length, leaf width, and leaf greenness.

Key words: AB Mix nutrition, eco enzyme, hydroponic NFT, nano liquid organic fertilizer, Spinach.

Judul Skripsi : PENGARUH SUBSTITUSI NUTRISI AB MIX
DENGAN POC NANO DAN ECO ENZYME
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL
TANAMAN BAYAM (*Amaranthus tricolor* L.)
PADA SISTEM HIDROPONIK NFT

Nama Mahasiswa : Salsabila Nanda Gusniar

Nomor Pokok Mahasiswa : 2214161039

Jurusan : Agronomi dan Hortikultura

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Prof. Ir. Darwin H. Pangaribuan, M.Sc., Ph.D.
NIP 1963013111986031004



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 : Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc. 

2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Juni 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PENGARUH SUBSTITUSI NUTRISI AB MIX DENGAN POC NANO DAN ECO ENZYME TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN BAYAM (*Amaranthus tricolor* 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, 3 Juni 2026
Penulis,

A red rectangular stamp with the text "METRAL TEMPEL" and a serial number "F6A0X053043853" is visible. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

Salsabila Nanda Gusniar
NPM 2214161039

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Salsabila Nanda Gusniar lahir di Sleman pada tanggal 27 Juni 2004. Penulis merupakan anak dari pasangan Bapak Mas Agus dan Ibu Sarwi Sunarni sebagai anak pertama dari empat bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN 49 Krui (2016), sekolah menengah pertama di SMPN 1 Krui (2019), dan sekolah menengah atas di SMAN 1 Pesisir Tengah (2022).

Pada tahun 2022 penulis terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan akademik dan organisasi. Penulis juga aktif dalam organisasi HIMAGRHO sebagai anggota bidang Dana dan Usaha periode kepengurusan 2024 dan sebagai mentor bidang Dana dan Usaha periode kepengurusan 2025.

Penulis memiliki kegiatan di luar kampus seperti melaksanakan kuliah kerja nyata (KKN) di Desa Tanjung Baru, Kecamatan Bukit Kemuning, Kabupaten Lampung Utara. Selain itu penulis juga pernah mengikuti Praktik Umum pada bulan Juni-Agustus 2025 di Kebun Percobaan Taman Bogo BRMP Tanah dan Pupuk Kecamatan Purbolinggo, Kabupaten Purbolinggo.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya dia mendapat (pahala) dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan mendapat (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya”
(QS. Al-Baqarah : 286)

“Apa pun yang terjadi dalam hidupmu, jangan berkata “seandainya”, tapi katakan “Qadarullah”, karena semua adalah takdir Allah dan takdir-Nya selalu baik.”
(Ustadz Hanan Attaki)

“Dalam mengerjakan sesuatu diperlukan kecepatan agar pekerjaan cepat selesai dan peluang lebih besar, karena waktu sangat berharga”
(Prof. Dr. Ir. Darwin H. Pangaribuan, M.Sc.)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur atas segala rahmat Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan di setiap langkah, skripsi ini berhasil terselesaikan. Kupersembahkan karya ini untuk ayah dan ibu tercinta. Kalian adalah alasan terbesar dibalik semua ini. Terima kasih telah menjadi rumah untuk pulang, terima kasih telah percaya bahkan saat aku ragu pada diriku sendiri. Kepada dosen pembimbingku, terima kasih atas ilmu, kritik, dan arahan yang telah membuka wawasan saya. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dengan keberkahan yang berlimpah.

Serta almamater tercinta

Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur kepada kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Pengaruh Substitusi Nutrisi AB Mix dengan POC Nano dan Eco Enzyme terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam (*Amaranthus tricolor* L.) pada Sistem Hidroponik NFT**” dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Selama proses penulisan skripsi ini penulis banyak menerima bimbingan, dukungan, bantuan, dan saran dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Ir. Darwin Pangaribuan, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Hayane Adeline Warganegara, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam penulisan skripsi ini
5. Ibu Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura.
6. Ibu Dr. RA. Diana Widyastuti, S.P., M.Si., selaku Sekretaris Jurusan Agronomi dan Hortikultura.
7. Bapak Ir. Setyo Widagdo, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran dan nasihat kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
8. Kedua orang tua penulis, Bapak Mas Agus dan Ibu Sarwi Sunarni yang selalu memberikan doa, dukungan, nasihat, dan motivasi yang tidak

terhingga kepada penulis.

9. Kepada teman-teman saya Dewi andari, Della Catur Purnamasari, Ayi Humairoh, Endah Nurbaiti Azizah, Siska Puji Lestari, dan lainnya yang telah kebersamai penulis, menjadi sumber dukungan dan mendengarkan keluh kesah penulis, memberikan dukungan, dan semangat kepada penulis hingga skripsi ini selesai.
10. Kepada Muhammad Ikhsan Alfariz sejuta terima kasih sudah membantu dan menemani penulis selama penelitian hingga skripsi ini selesai, yang telah menjadi pemberi dukungan, dan meyakinkan penulis untuk terus semangat dan tetap optimis dalam menghadapi tantangan dan perjuangan selama pembuatan skripsi ini.
11. Teman-teman tim peneltian hidroponik, yaitu Chacha Thalita, Prajha Dwi Kesuma, Fatur Ramadan, Adelia Firda Agustin, Mentari Sulandari, Yeni Ponita, Made Andika Pratama atas kerja samanya dalam penelitian ini.
12. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak di Kebun Lapang atas kesempatan, bantuan, serta fasilitas yang diberikan selama proses penelitian. Dukungan dan kerja sama yang baik memberikan kontribusi yang sangat berarti bagi kelancaran dan keberhasilan penelitian ini.
13. Almamater tercinta dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, akan tetapi penulis berharap skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak terutama bagi penulis.

Bandar Lampung, 3 Juni 2026
Penulis,

Salsabila Nanda Gusniar

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	iv
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	5
1.4 Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran	5
1.5 Hipotesis.....	11
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Tanaman Bayam.....	12
2.2 Hidroponik	13
2.3 Pupuk Organik Cair.....	14
2.4 Eco Enzyme	16
2.5 Nutrisi AB Mix	17
2.6 Teknologi <i>Nanobubble</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	22
3.4.2 Pembuatan Larutan Stok AB Mix	22

3.4.3 Pembuatan Pupuk Organik Cair Nano	23
3.4.4 Pembuatan Larutan <i>Eco enzyme</i>	23
3.4.5 Pencampuran Larutan Nutrisi Perlakuan	26
3.4.6 Pindah Tanam.....	27
3.4.7 Pemeliharaan	27
3.4.8 Pengendalian Hama.....	27
3.4.9 Pemanenan	27
3.5 Variabel Pengamatan.....	28
3.5.1 Tinggi Tanaman (cm)	28
3.5.2 Jumlah Daun	29
3.5.3 Lebar Daun (cm).....	29
3.5.4 Panjang Daun (cm).....	29
3.5.5 Panjang Tangkai Daun(cm).....	29
3.5.6 Bobot Segar Tanaman (g).....	29
3.5.7 Bobot Kering Tanaman (g).....	29
3.5.8 Bobot Akar (g)	30
3.5.9 Panjang Akar (cm).....	30
3.5 10 Tingkat Kehijauan Daun.....	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil.....	32
4.1.1 Tinggi Tanaman.....	33
4.1.2 Jumlah Daun	33
4.1.3 Panjang Daun.....	34
4.1.4 Lebar Daun	35
4.1.5 Panjang Tangkai Daun.....	36
4.1.6 Tingkat Kehijauan Daun.....	36
4.1.7 Bobot Segar Tanaman.....	37
4.1.8 Bobot Kering Tanaman.....	37
4.1.9 Panjang Akar Tanaman.....	38
4.1.10 Bobot Akar Tanaman.....	38
4.2 Pembahasan.....	41
V. KESIMPULAN.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan hara pada bahan pupuk organik cair.....	25
2. Kandungan hara pada <i>eco enzyme</i> dalam 100 g.....	26
3. Rekapitulasi hasil analisis ragam seluruh variabel pengamatan tanaman bayam pada umur 25 HSA.....	32
4. Tinggi tanaman bayam pada 25 HSA.....	33
5. Jumlah daun tanaman bayam pada 25 HSA.....	34
6. Panjang daun tanaman bayam pada 25 HSA.....	35
7. Lebar daun tanaman bayam pada 25 HSA.....	35
8. Panjang tangkai daun tanaman bayam pada 25 HSA.....	36
9. Tingkat kehijauan daun tanaman bayam pada 25 HSA.....	36
10. Bobot segar tanaman bayam pada 25 HSA.....	37
11. Bobot kering tanaman bayam pada 25 HSA.....	38
12. Panjang akar tanaman bayam pada 25 HSA.....	38
13. Bobot akar tanaman bayam pada 25 HSA	39
14. Hasil uji analisis POC rumput laut, gulma titonia, sabut kelapa, pukan ayam (BPMP Natar).....	39
15. Hasil uji analisis <i>eco enzyme</i> (BPMP Natar).....	39
16. Data pengamatan suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya.....	40
17. Data pengamatan larutan nutrisi.....	40
18. Data pengamatan pH larutan nutrisi.....	40
19. Data pengamatan tinggi tanaman bayam 25 HSA.....	61
20. Uji homogenitas tinggi tanaman bayam 25 HSA.....	61
21. Hasil analisis ragam tinggi tanaman bayam.....	61

22. Data pengamatan lebar daun bayam 25 HSA.....	62
23. Uji homogenitas lebar daun bayam 25 HSA.....	62
24. Hasil analisis ragam lebar daun bayam.....	62
25. Data jumlah daun bayam 25 HSA.....	63
26. Uji homogenitas jumlah daun bayam 25 HSA.....	63
27. Hasil analisis ragam jumlah daun bayam 25 HSA.....	63
28. Data tingkat kehijauan daun bayam 25 HSA.....	64
29. Uji homogenitas tingkat kehijauan daun bayam.....	64
30. Hasil analisis ragam tingkat kehijauan daun bayam.....	64
31. Data pengamatan bobot segar tanaman bayam.....	65
32. Uji homogenitas bobot segar tanaman bayam.....	65
33. Hasil analisis ragam bobot segar tanaman bayam.....	65
34. Data pengamatan panjang tangkai daun bayam	66
35. Uji homogenitas panjang tangkai daun bayam.....	66
36. Hasil analisis ragam panjang tangkai daun bayam.....	66
37. Data pengamatan panjang akar tanaman bayam.....	67
38. Uji homogenitas panjang akar tanaman bayam.....	67
39. Hasil analisis ragam panjang akar tanaman bayam.....	67
40. Data pengamatan bobot akar tanaman bayam	68
41. Uji homogenitas bobot akar tanaman bayam.....	68
42. Hasil analisis ragam bobot akar tanaman bayam.....	68
43. Data pengamatan panjang daun tanaman bayam.....	69
44. Uji homogenitas panjang daun tanaman bayam.....	69
45. Hasil analisis ragam panjang daun tanaman bayam.....	69
46. Data pengamatan bobot kering tanaman bayam.....	70
47. Uji homogenitas bobot kering tanaman bayam.....	70
48. Hasil analisis ragam bobot kering tanaman bayam.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema kerangka pemikiran penelitian.....	10
2. Denah instalasi penelitian hidroponik.....	22
3. Pengukuran Bobot Kering.....	29
4. Pengukuran Bobot Akar.....	30
5. Pengukuran Panjang Akar.....	30
6. Pengukuran Tingkat Kehijauan Daun.....	31
3. Penampilan visual tanaman bayam 7 HSA.....	71
4. Penampilan visual tanaman bayam 14 HSA.....	71
5. Penampilan visual tanaman bayam 25 HSA.....	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil uji homogenitas dan analisis ragam.....	61

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keterbatasan lahan dalam budidaya tanaman pada masa kini menjadi permasalahan yang semakin meningkat dan perlu segera ditemukan solusinya. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah dengan melakukan budidaya tanaman menggunakan sistem hidroponik. Sistem hidroponik memiliki berbagai macam metode, antara lain hidroponik dengan sistem sumbu (*Wick System*), sistem aliran tipis nutrisi (*Nutrient Film Technique/NFT*), sistem perendaman akar (*Deep Water Culture/DWC*), sistem tetes (*Drip System*), dan sistem pasang surut (*Ebb and Flow System*) (Puspasari dkk., 2018). Hidroponik adalah suatu metode budidaya tanaman yang menggunakan air sebagai media utama untuk pertumbuhan tanaman, menggantikan tanah. Budidaya dengan sistem hidroponik memiliki sejumlah kelebihan, seperti efisiensi penggunaan lahan karena media tanam dapat diatur secara vertikal, pertumbuhan tanaman yang lebih seragam akibat pengaruh lingkungan yang dapat ditekan, serta kemudahan dalam pemberian nutrisi yang cukup dilakukan dengan mencampurkan unsur hara ke dalam larutan yang kemudian dialirkan ke seluruh bagian akar tanaman (Fatma dkk., 2019).

Keberhasilan dalam budidaya tanaman dengan sistem hidroponik yaitu penambahan nutrisi yang lengkap bagi tanaman. Pupuk yang umum digunakan dalam sistem hidroponik adalah AB Mix (Rukmi dkk., 2017). Nutrisi AB Mix memiliki keunggulan karena kandungan unsur hara makro dan mikronya yang lengkap serta mudah diserap oleh tanaman. Meskipun AB Mix menyediakan unsur hara lengkap, biaya penggunaannya relatif tinggi sehingga diperlukan

alternatif sumber nutrisi yang lebih ekonomis. Oleh sebab itu, penggunaan pupuk organik cair dan larutan *eco enzyme* menjadi salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan untuk menggantikan pupuk kimia sintetis (Sari dkk., 2021). Selain itu, kelemahannya yaitu dapat menyebabkan pengendapan nutrisi, Untuk itu, dibutuhkan suatu inovasi yang mampu mengurangi pengendapan nutrisi, salah satunya melalui penerapan teknologi nano atau penggunaan POC berbasis teknologi nano yang dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap daya kecambah, panjang tanaman, jumlah daun, panjang dan jumlah akar, serta berat basah dan berat kering tanaman (Gunawan dkk., 2017).

Penggunaan pupuk organik merupakan salah satu inovasi yang dapat digunakan untuk memanfaatkan bahan organik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengurangan AB Mix sebesar 25% mampu memberikan pertumbuhan dan hasil tanaman yang setara dengan penggunaan 100% AB Mix. Menurut Lestari dan Putri (2022) penggunaan nutrisi AB Mix sebesar 75% masih mampu mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman secara optimal ketika dikombinasikan dengan sumber nutrisi organik, seperti *eco enzyme*. Pengaruh tersebut tercermin pada peningkatan beberapa parameter pertumbuhan, antara lain tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, dan bobot basah tanaman. Pupuk organik yang banyak digunakan yaitu *eco enzyme* dan pupuk organik cair. Larutan *eco enzyme* diketahui mampu meningkatkan kesuburan dan kesehatan tanaman karena mengandung enzim serta mikroorganisme yang bermanfaat (Rahman dkk., 2020). Pupuk organik cair merupakan jenis pupuk organik yang dapat digunakan dalam sistem budidaya hidroponik karena mengandung unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan oleh tanaman (Fatma dkk., 2019).

Salah satu jenis sayuran yang dapat dibudidayakan secara hidroponik adalah tanaman bayam. Bayam (*Amaranthus tricolor* L) merupakan sayuran yang kaya akan berbagai zat gizi, antara lain protein, mineral, kalsium, zat besi, serta vitamin yang diperlukan oleh tubuh. Bayam (*Amaranthus tricolor* L.) sering disebut sebagai raja sayuran karena nilai gizinya yang sangat tinggi. Sayuran ini mengandung vitamin A, B, dan C, serta mineral penting seperti kalsium, fosfor,

dan zat besi. Bayam memiliki kadar zat besi yang tinggi sehingga dapat menunjang pertumbuhan tubuh dan menjaga kesehatan. Selain sebagai sumber pangan bergizi, bayam juga digunakan sebagai bahan pengobatan untuk berbagai jenis penyakit. Kandungan vitamin A pada bayam berfungsi meningkatkan daya tahan tubuh, khususnya dalam mencegah gangguan kesehatan pada mata, vitamin C berperan dalam membantu penyembuhan sariawan, sedangkan zat besi berfungsi mencegah anemia atau kekurangan zat besi (Sativa dkk., 2017).

Pemanfaatan pupuk hayati (*biofertilizer*) sebagai alternatif sumber nutrisi tanaman dapat menjadi pengganti pupuk anorganik dalam kegiatan pemupukan.

Pengurangan penggunaan pupuk anorganik tidak hanya menurunkan potensi pencemaran lingkungan, tetapi juga dapat menekan biaya produksi. Selain memanfaatkan limbah tahu yang diolah menjadi pupuk organik cair, optimalisasi sampah organik juga dapat dilakukan melalui pembuatan *eco enzyme*. *Eco enzyme* merupakan hasil fermentasi kompleks dari bahan organik seperti sisa sayuran dan buah-buahan yang dicampur dengan gula dan air (Hemalatha dan Visarini, 2020).

Larutan *eco enzyme* mengandung berbagai enzim seperti amilase dan tripsin, asam-asam organik seperti asam asetat, serta mineral hara penting seperti N, P, dan K. Selain itu, *eco enzyme* juga mengandung bakteri yang berpotensi berperan sebagai pengurai bahan organik, agen pengendali hama, dan perangsang pertumbuhan tanaman (Susilowati dkk., 2021).

Pupuk anorganik memiliki sejumlah kelebihan, salah satunya adalah kemampuannya memperbaiki sifat kimia tanah melalui penyediaan unsur hara penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Bentuk pupuk anorganik dapat berupa pupuk majemuk, seperti NPK, yang mengandung ketiga unsur hara makro tersebut (Yuanita dkk., 2016). Pupuk organik tidak dimaksudkan untuk menggantikan peran pupuk anorganik, melainkan berfungsi sebagai pelengkap. Kombinasi penggunaan pupuk organik dan anorganik terbukti lebih optimal dan efisien dalam mendukung pertumbuhan tanaman (Meriatna dkk., 2019).

Pupuk organik cair juga memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan pupuk padat, terutama dari segi kemudahan aplikasi. Unsur hara dalam bentuk cair lebih cepat diserap oleh tanaman, serta kandungan mikroorganisme di dalamnya

membantu mengatasi kekurangan nutrisi. Selain itu, pupuk cair tidak mudah mengalami kehilangan hara akibat pencucian, mampu menyediakan nutrisi secara cepat, dan proses pembuatannya relatif lebih singkat. Penerapannya pun lebih praktis karena dapat langsung disemprotkan pada tanaman. Penerapan teknologi nano pada pupuk memungkinkan pelepasan unsur hara berlangsung lebih terkontrol. Dengan demikian, tanaman hanya menerima nutrisi sesuai kebutuhan sehingga risiko kekurangan unsur hara dapat diminimalkan. Pupuk nano juga memiliki kandungan nutrisi yang lebih stabil karena telah diolah menjadi nanomaterial dengan lapisan pelindung tipis, yang memungkinkan pelepasan hara dalam bentuk nano partikel (Yanuar dan Widawati, 2014).

Limbah organik merupakan jenis limbah yang bersumber dari sisa-sisa tumbuhan serta organisme hidup. Salah satu bentuk limbah organik yang jumlahnya paling banyak dihasilkan dari kulit buah (Sahid, 2023). Sampah organik yang berada dalam kondisi melebihi kapasitas dan tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti munculnya bau tidak sedap, penurunan kualitas air, degradasi kualitas tanah, serta menghasilkan gas metana yang berpotensi menyebabkan kerusakan lingkungan (Latifah dkk., 2023). Selain itu, peningkatan jumlah sampah yang dihasilkan setiap hari dapat menjadi permasalahan serius bagi lingkungan. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan yaitu pembuatan *eco enzyme*, yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair serta berfungsi menekan dampak negatif yang ditimbulkan oleh sisa bahan organik rumah tangga (Pakki dkk., 2021). *Eco enzyme* merupakan salah satu bentuk senyawa alami yang umumnya dihasilkan melalui proses ekstraksi dari kulit atau limbah buah serta berbagai sumber organik lainnya (Benny dkk., 2013).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh substitusi AB Mix sebesar 25% dengan pupuk organik cair nano dan *eco enzyme* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bayam ?
2. Manakah perlakuan substitusi nutrisi AB Mix sebesar 25% dengan pupuk organik cair nano, *eco enzyme*, dan kombinasinya yang paling efektif dalam

meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman bayam ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui bagaimana pengaruh substitusi AB Mix sebesar 25% dengan pupuk organik cair nano dan *eco enzyme* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bayam.
2. Mengetahui perlakuan substitusi nutrisi AB Mix sebesar 25% dengan pupuk organik cair nano, *eco enzyme*, dan kombinasinya yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman bayam.

1.4 Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran

Salah satu jenis sayuran yang dapat dibudidayakan secara hidroponik adalah tanaman bayam. Bayam (*Amaranthus tricolor* L) merupakan sayuran yang kaya akan berbagai zat gizi, antara lain protein, mineral, kalsium, zat besi, serta vitamin yang diperlukan oleh tubuh. Bayam (*Amaranthus tricolor* L.) sering disebut sebagai raja sayuran karena nilai gizinya yang sangat tinggi. Sayuran ini mengandung vitamin A, B, dan C, serta mineral penting seperti kalsium, fosfor, dan zat besi. Bayam memiliki kadar zat besi yang tinggi sehingga dapat menunjang pertumbuhan tubuh dan menjaga kesehatan. Hidroponik menjadi alternatif budidaya efektif karena tidak membutuhkan tanah dan dapat meningkatkan efisiensi. Pemberian nutrisi hidroponik yang sesuai akan menghasilkan pertumbuhan tanaman bayam yang optimal dan meningkatkan hasil panen, penggunaan beberapa kombinasi nutrisi anorganik dan organik terbukti memberikan dampak paling baik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bayam yang dapat dilihat dari meningkatnya jumlah daun, berat segar, berat kering, tingkat kehijauan daun, volume akar, serta luas daun. Kondisi ini terjadi karena nutrisi yang diberikan mampu mencukupi kebutuhan tanaman secara optimal, sehingga tanaman berada dalam zona kecukupan nutrisi (Gustiar dkk., 2021).

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman yang memanfaatkan media tanam non-tanah. Teknik ini menggunakan media alternatif dan berbeda

dibandingkan sistem budidaya konvensional (Savvas *et al.*, 2018). Sistem hidroponik dikenal ramah lingkungan, hemat ruang, efisien dalam penggunaan nutrisi, serta memudahkan dalam pengawasan pertumbuhan tanaman. Pada sistem ini, tanaman dibudidayakan menggunakan larutan mineral yang harus dijaga sesuai dengan kebutuhan tanaman. Salah satu metode hidroponik yang banyak digunakan adalah tipe NFT (*nutrient film technique*), di mana akar tanaman tumbuh dalam aliran tipis larutan nutrisi yang terus bersirkulasi. Sistem ini memastikan akar memperoleh cukup air, nutrisi, dan oksigen (Roidah, 2014). Metode NFT memiliki beberapa keunggulan, antara lain kemudahan dalam mengontrol kandungan nutrisi serta minimnya risiko genangan air yang dapat menyebabkan akar membusuk. Aliran air yang tipis pada permukaan instalasi mencegah terbentuknya endapan. Larutan nutrisi juga terdistribusi secara merata ke seluruh tanaman, sehingga pertumbuhan lebih seragam dan produktivitas lebih stabil. Karena larutan terus bersirkulasi, sistem ini memastikan akar tanaman mendapatkan nutrisi secara konsisten untuk mendukung pertumbuhan optimal (Nurdinasari, 2018).

AB Mix adalah jenis pupuk yang umum digunakan sebagai sumber larutan hara dalam sistem budidaya hidroponik. Pupuk ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu stok A yang mengandung unsur hara makro dan stok B yang terdiri dari unsur hara mikro. Namun, salah satu kendala dalam penggunaan AB-Mix adalah harganya yang cenderung mahal, sehingga menjadi beban biaya dalam budidaya tanaman hidroponik (Lestari dan Putri, 2022). Nutrisi AB Mix memiliki kandungan unsur hara makro maupun mikro yang sangat banyak dan berperan penting dalam memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman selama masa pertumbuhan. Nutrisi ini sangat dibutuhkan terutama dalam sistem budidaya tanaman secara hidroponik agar tanaman dapat tumbuh dengan optimal dan sehat. Keberhasilan dalam membudidayakan selada menggunakan sistem hidroponik sangat bergantung pada pemberian larutan nutrisi. Oleh karena itu, ketersediaan nutrisi harus dipastikan dalam jumlah yang sesuai serta mudah diserap oleh tanaman. Larutan nutrisi AB Mix menyediakan unsur hara makro dan unsur hara mikro, antara lain nitrogen, fosfor, kalium, magnesium, besi, tembaga, klorin, dan berbagai unsur penting lainnya. Kandungan unsur hara yang terdapat dalam 5000

gram larutan nutrisi AB Mix meliputi 21100 gram kalsium nitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 530 gram kalium nitrat $\text{K}(\text{NO}_3)_2$, 86 gram besi, serta 4,2 gram magnesium sulfat MgSO_4 (Mairusmianti, 2011).

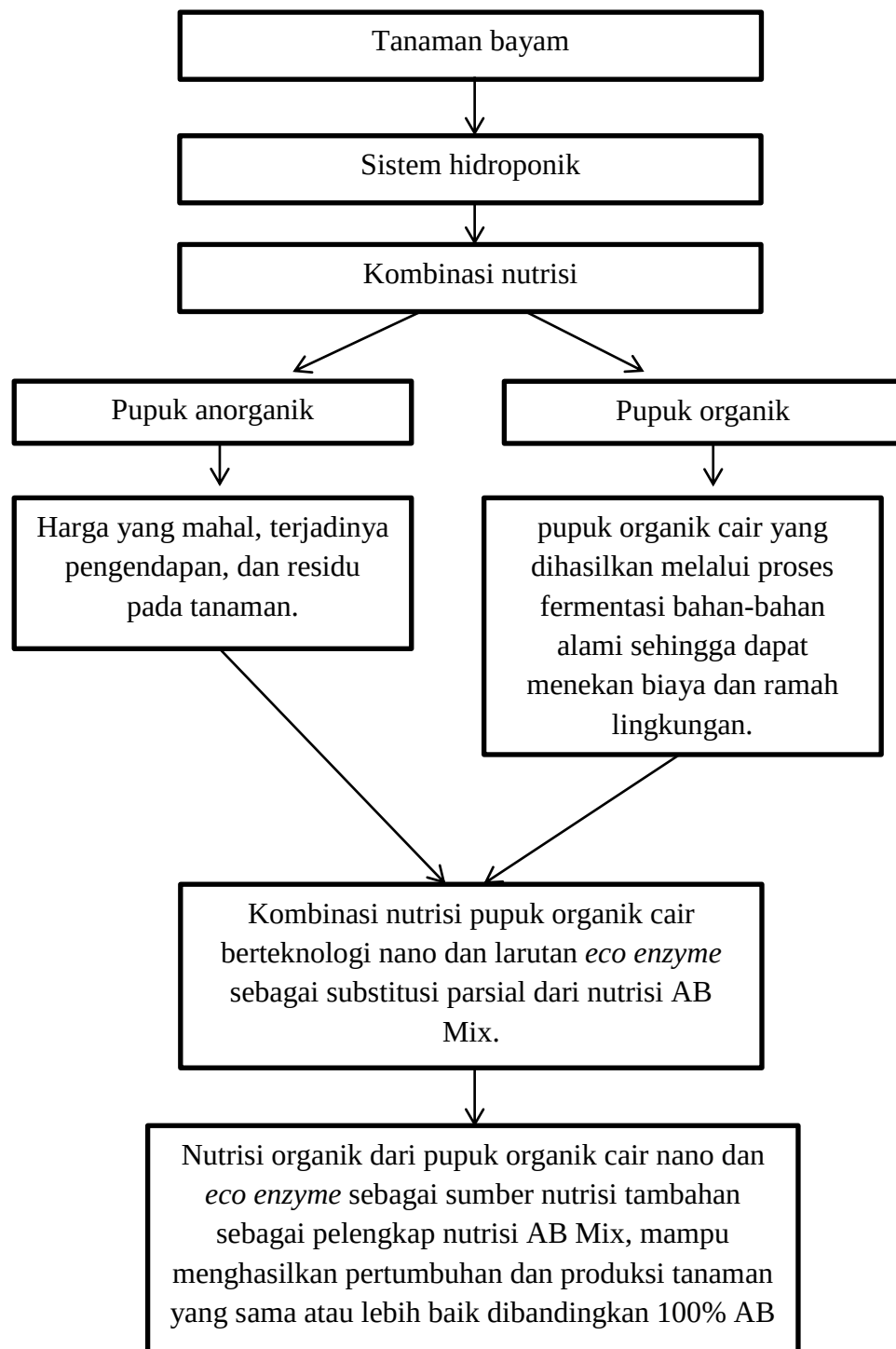
Nutrisi tambahan digunakan sebagai alternatif sumber hara bagi tanaman dengan tujuan mengurangi ketergantungan terhadap AB Mix secara penuh, sehingga dapat menekan biaya produksi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengolah limbah organik menjadi larutan *eco enzyme*. Proses ini melibatkan fermentasi bahan organik bersama gula dan air hingga menghasilkan cairan pupuk yang bersifat ramah lingkungan. *Eco enzyme* ini berfungsi sebagai pupuk organik karena mengandung berbagai enzim seperti tripsin dan amilase, serta asam organik seperti asam asetat (H_3COOH). Selain itu, larutan ini juga mengandung unsur hara penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta mikroorganisme yang mampu menguraikan bahan organik dan merangsang pertumbuhan tanaman (Salsabila, 2023).

Penggunaan *eco enzyme* dapat merangsang dan meningkatkan pertumbuhan daun karena mengandung nitrogen, yang berperan dalam pembentukan protein, asam nukleat, dan klorofil. Selain itu, *eco enzyme* juga mengandung unsur hara mikro seperti Zn, Mn, Fe, Ca, Mg, S, dan B yang berfungsi sebagai katalis dalam sintesis protein dan pembentukan klorofil. Protein sendiri merupakan komponen utama protoplasma yang menjadi pusat aktivitas metabolisme tanaman, serta berperan dalam proses pembelahan dan pemanjangan sel. Kandungan nitrogen dan unsur mikro tersebut mendukung pembentukan klorofil, sehingga meningkatkan aktivitas fotosintesis dan produksi fotosintat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan jaringan meristem pada daun (Faqih dan Ameyliska, 2017). *Eco enzyme* merupakan larutan hasil fermentasi limbah organik seperti kulit buah dan sayur yang dicampur dengan molase dan air dalam perbandingan 3:1:10. Larutan ini mengandung senyawa-senyawa aktif seperti enzim (amilase, selulase), hormon pertumbuhan alami seperti auksin dan sitokinin, serta unsur hara makro dan mikro seperti nitrogen, fosfor, kalium, besi, dan seng (Sutanto dkk., 2020).

Pemberian *eco enzyme* dengan teknik *spray* memberikan hasil yang lebih baik karena proses penyerapan unsur hara lebih cepat sehingga dapat meningkatkan proses fotosintesis, pemberian *eco enzyme* dengan teknik *spray* 2 ml/L menghasilkan panjang daun 21,5 cm, lebar daun 11,57 cm, jumlah daun 20,87, dan bobot basah 188,07 gram. Pemberian *eco enzyme* 2 ml/L mempunyai bobot basah yang paling optimal dibandingkan dengan kontrol dikarenakan tercukupinya penyerapan unsur hara yang diperlukan tanaman untuk tumbuh sedangkan pada perlakuan kontrol belum memenuhi standar baku bobot basah tanaman pakcoy, penyerapan unsur hara belum mencukupi kebutuhan tanaman akibat pengurangan konsentrasi AB-mix (Prasetyawati dkk., 2023). Kandungan enzim dan hormon alami dalam larutan ini merangsang aktivitas fisiologis tanaman, meningkatkan kemampuan penyerapan nutrisi melalui stomata daun, serta memperkuat tanaman terhadap kondisi lingkungan yang kurang mendukung (Sari dan Wahyuni 2021). Oleh karena itu, *eco enzyme* memiliki potensi besar sebagai alternatif nutrisi tambahan yang ramah lingkungan dalam budidaya tanaman hidroponik sistem NFT.

Penggunaan pupuk organik cair hasil fermentasi dalam sistem hidroponik juga terbukti mampu meningkatkan hasil panen secara signifikan. Kombinasi antara nutrisi organik dan sintetis dalam budidaya hidroponik menunjukkan potensi untuk menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih optimal dibandingkan penggunaan salah satu jenis nutrisi secara tunggal (Prabowo dan Mulyono, 2020). Pendekatan ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk sintetis serta menekan biaya produksi. Selain itu, pemanfaatan pupuk organik cair hasil fermentasi juga memberikan kontribusi terhadap keberlanjutan dan kelestarian lingkungan dalam praktik pertanian modern. Pupuk organik cair berteknologi nano memberikan kemampuan untuk mengatur pelepasan nutrisi secara tepat dalam sistem yang terkontrol, menurut penelitian Alqaramah dkk (2025) pupuk organik cair nano dengan dosis yang optimal mampu memberikan pengaruh yang signifikan dalam peningkatan parameter vegetatif seperti tinggi tanaman, kuantitas daun, luas area daun, dan biomassa basah dan kering pada tanaman pakcoy.

Teknologi *nanobubble* dapat meningkatkan penyerapan unsur hara yang lebih optimal karena partikel yang berukuran sangat kecil dapat menembus jaringan tanaman secara lebih optimal (Liu dan Lal, 2015). Menurut penelitian Susilawati (2019) kombinasi yang tepat antara nutrisi AB Mix dan pupuk organik cair berbasis nano terbukti lebih unggul dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman hidroponik dibandingkan penggunaan salah satunya secara tunggal. Kandungan hara AB Mix lebih lengkap karena mengandung unsur makro dan mikro (Purwanto dkk., 2018). Kombinasi AB Mix dan pupuk organik cair mampu meningkatkan struktur dan pertumbuhan daun, terlihat dari ukuran daun yang lebih besar serta warna hijau tua yang menandakan pembentukan klorofil lebih optimal sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik (Fitriani, 2017). Efektivitas nutrisi organik berasal dari kemampuannya meningkatkan ketersediaan unsur hara sekaligus memperbaiki populasi mikroba dalam larutan nutrisi. Pupuk organik cair dari ekstrak limbah ternak dan tanaman kaya nutrisi dan mikroorganisme bermanfaat, yang mendukung kesehatan tanaman dan mempermudah penyerapan hara (Pangaribuan dkk., 2022). Aktivitas mikroba yang lebih tinggi juga membantu mineralisasi, sehingga nutrisi lebih mudah diserap oleh tanaman



Gambar 1. Skema kerangka pemikiran penelitian.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Substitusi 25% nutrisi AB Mix dengan pupuk organik cair nano dan/atau *eco enzyme* menunjukkan pertumbuhan dan hasil tanaman bayam yang sebanding dengan perlakuan nutrisi AB Mix 100% pada sistem hidroponik NFT.
2. Terdapat Perlakuan substitusi nutrisi AB Mix dengan pupuk organik cair nano dan/atau *eco enzyme* sebesar 25% yang menghasilkan pertumbuhan terbaik pada tanaman bayam pada sistem hidroponik NFT.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Bayam

Bayam hijau (*Amaranthus tricolor*) merupakan sayuran yang dikenal luas di kalangan masyarakat dan petani. Tanaman ini termasuk famili Asteraceae dan kaya akan nutrisi penting seperti vitamin C, kalsium, dan potasium. Daunnya berwarna hijau muda dengan batang yang tegak dan kokoh. Bayam hijau mengandung antioksidan dan quercetin yang bermanfaat untuk mencegah kanker, menjaga fungsi memori, serta mengurangi risiko penyakit jantung dan diabetes. Umumnya dikonsumsi dalam keadaan matang sebagai sayur penyetar, bayam ini juga mengandung kadar air tinggi, serta karbohidrat dan protein dalam jumlah yang baik. Panen dilakukan sekitar 25 hari setelah tanam dengan mencabut tanaman beserta akarnya, berdasarkan ciri fisik seperti warna dan ukuran daun (Risnawati, 2016).

Subkingdom : Plantae
Super Divisi : Angiospermae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotyledoneae
Sub kelas : Dicotyledoneae
Ordo : Caryophyllales
Famili : Amaranthaceae
Genus : Amaranthus
Spesies : *Amaranthus tricolor* L.
(Saparinto, 2013).

2.2 Hidroponik

Kata hidroponik berasal dari bahasa Yunani, yaitu “*hydro*” yang berarti air dan “*ponos*” yang berarti daya. Hidroponik juga dikenal dengan istilah *soilless culture* yang berarti budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam (Kusmargiani, 2021). Dengan demikian, tanaman hidroponik adalah tanaman yang ditanam dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan tanah, melainkan fokus pada pemenuhan kebutuhan nutrisi agar tanaman dapat tumbuh dengan baik (Karim dkk., 2023).

Hidroponik mampu menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih seragam. Bentuk, ukuran, rasa, warna, dan kebersihan produk dapat dikendalikan melalui pengelolaan nutrisi yang terkontrol. Selain itu, proses penanaman dan panen tidak bergantung pada musim atau waktu tertentu sehingga bisa disesuaikan dengan permintaan pasar. Oleh karena itu, tanaman hidroponik tidak ditanam di media tanah, melainkan menggunakan media lain seperti bata merah, rockwool, kerikil, atau arang sekam. Hal yang penting dalam penggunaan media tanam ini adalah harus steril dari hama agar tidak menimbulkan jamur atau penyakit lain. Sistem hidroponik NFT dirancang dengan kemiringan tertentu agar larutan nutrisi dapat mengalir secara kontinu dan tersirkulasi dengan baik, sehingga mampu mencukupi kebutuhan tanaman akan unsur hara dan oksigen (Surtinah, 2016). Sistem NFT mampu menyediakan oksigen bagi tanaman tanpa memerlukan aerasi tambahan, karena perlakuan dengan maupun tanpa aerasi menghasilkan pertumbuhan tanaman yang relatif serupa.

Ketersediaan unsur hara, air, dan aerasi merupakan faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan akar (Hidayat dkk., 2013). Oksigen dalam media tanam berperan krusial dalam proses respirasi tanaman, dan kekurangannya dapat menghambat respirasi sehingga menurunkan kemampuan akar dalam menyerap air dan unsur hara. Pada sistem hidroponik NFT, kebutuhan tanaman terhadap hara, air, dan oksigen umumnya dapat terpenuhi secara optimal. Budidaya bayam kultivar Maestro dan Mira pada sistem konvensional dilakukan dengan fertigasi manual, sedangkan pada sistem hidroponik Wick dan NFT diterapkan fertigasi

otomatis. Menurut Izzati (2006), penerapan fertigasi otomatis terbukti lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman selada dibandingkan dengan fertigasi manual.

2.3 Pupuk Organik Cair

Pemberian pupuk organik cair menjadi hal yang sangat penting dalam proses budidaya tanaman, khususnya pada sistem hidroponik. Pupuk organik cair berfungsi untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman sekaligus memperbaiki kualitas media tanam agar pertumbuhan tanaman dapat optimal. Pupuk organik cair dibuat dari bahan-bahan asal hewani atau tumbuhan yang telah mengalami proses fermentasi sehingga menghasilkan produk dalam bentuk cair. Dalam pupuk organik cair terkandung berbagai unsur hara penting seperti fosfor, nitrogen, dan kalium yang merupakan nutrisi utama yang dibutuhkan tanaman (Kurniawan dkk., 2022). Selain itu, pupuk organik cair juga mengandung unsur mikro yang berperan dalam membantu tanaman tumbuh dengan normal dan mampu bertahan terhadap tekanan lingkungan yang kurang menguntungkan. Lebih jauh, POC meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang berasal dari bahan organik awal serta mikroba pilihan yang sengaja ditambahkan untuk menunjang fungsi pupuk tersebut (Wibowo dkk., 2022).

Mekanisme utama dari pengaruh positif pupuk organik cair adalah meningkatnya ketersediaan unsur hara serta aktivitas mikroorganisme dalam larutan nutrisi. Pupuk organik cair yang berasal dari ekstrak limbah ternak mengandung berbagai nutrisi dan mikroba bermanfaat yang berperan dalam menjaga kesehatan media dan memperbaiki kualitas larutan nutrisi. Peningkatan aktivitas mikroorganisme tersebut membantu proses mineralisasi, sehingga unsur hara menjadi lebih mudah diserap tanaman. Secara keseluruhan, penggunaan pupuk organik cair berbasis limbah ternak dalam sistem hidroponik terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan, hasil, dan kualitas sayuran. Pemanfaatan sumber daya lokal dengan pendekatan berkelanjutan menjadikan pupuk organik cair sebagai alternatif potensial untuk mendukung produktivitas hidroponik. Hasil penelitian

Pangaribuan dkk (2022) menguatkan efektivitas pupuk organik cair dalam meningkatkan hasil tanaman sayuran.

Pupuk organik cair dapat berasal dari ekstrak gulma titonia, sabut kelapa, rumput laut, dan pupuk kandang ayam. Menurut (Hartatik dkk., 2015) *Tithonia diversifolia* diketahui mampu meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman, mudah terurai atau terdekomposisi, memiliki rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) yang rendah, mengandung fraksi bahan organik terlarut yang tinggi, serta mempunyai kandungan lignin yang rendah. Selain nitrogen, pupuk organik cair dari rumput laut juga mengandung kalium yang berperan dalam mengatur fungsi stomata pada tanaman. Kalium merupakan unsur hara penting yang membantu pembentukan dinding sel serta mengendalikan sel penjaga stomata sehingga klorofil dapat berfungsi secara optimal. Ketika tanaman menghasilkan daun secara maksimal, produksi klorofil juga meningkat, sehingga kemampuan tanaman dalam menangkap cahaya matahari dan menghasilkan glukosa dari fotosintesis menjadi lebih besar.

Menurut pendapat (Widowati dkk., 2005), pupuk kandang ayam memiliki sejumlah kelebihan yang tidak ditemukan pada pupuk anorganik. Salah satu kelebihannya adalah kandungan unsur hara dalam pupuk kandang ayam sangat lengkap, mencakup berbagai unsur yang dibutuhkan tanaman. Selain itu, pupuk kandang ayam juga memberikan manfaat dalam meningkatkan kadar humus di dalam tanah serta mendorong pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme pengurai tanah. Pemberian pupuk kandang ayam dapat menjaga dan mempertahankan kesuburan tanah, baik dari segi sifat fisik, kimia, maupun biologi. Dengan demikian, ketersediaan unsur hara makro dan mikro dapat tetap terjaga sehingga mendukung kelancaran proses fotosintesis pada tanaman. Adapun kandungan yang terdapat dalam pupuk kandang ayam meliputi kadar air sebesar 57%, bahan organik sebanyak 29%, kandungan nitrogen sebesar 1,5%, fosfat (P_2O_5) sebesar 1,3%, kalium (K_2O) sebesar 0,8%, kalsium oksida (CaO) sebanyak 4,0%, serta rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) berkisar antara 9 hingga 11.

Kandungan sabut kelapa meliputi unsur kalium (K), fosfor (P), serta beberapa unsur lain seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan natrium (Na). Unsur hara yang berasal dari sabut kelapa ini sangat penting bagi tanaman, terutama kalium yang menjadi salah satu nutrisi utama. Selain itu, sabut kelapa juga mengandung kalsium, magnesium, natrium, dan fosfor yang semuanya dibutuhkan oleh tanaman. Jika sabut kelapa direndam dalam air, kalium yang ada di dalamnya akan larut dan menghasilkan air rendaman yang mengandung unsur kalium. Pupuk organik cair berbahan sabut kelapa memiliki pH berkisar dari agak masam hingga netral, kondisi yang mendukung aktivitas mikroorganisme dalam proses dekomposisi (Tifani, 2012). Mikroorganisme tersebut berperan dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Selain itu, pupuk organik cair sabut kelapa mengandung unsur hara kalium (K) dalam jumlah relatif tinggi, yang berperan penting dalam pertumbuhan akar serta mendukung pembentukan protein dan karbohidrat pada tanaman (Mutryarny dkk., 2014).

2.4 *Eco Enzyme*

Eco enzyme merupakan larutan hasil fermentasi limbah organik seperti buah atau sayuran, yang memiliki berbagai manfaat bagi tanaman. Pelatihan-pelatihan tentang pembuatan *eco enzyme* saat ini banyak dilakukan, karena selain bermanfaat bagi tanaman, juga dapat membantu masyarakat dalam mengelola limbah organik rumah tangga (Wasito, 2023). *Eco enzyme* berperan dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kualitas pertumbuhan tanaman, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit (Armaniar dkk., 2023). Penggunaan pupuk organik cair dapat meningkatkan pertumbuhan akar, jumlah daun, serta biomassa tanaman bayam yang dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik, bila dibandingkan dengan penggunaan nutrisi secara konvensional. Kandungan mikroorganisme dalam *eco enzyme* juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur hara oleh tanaman.

Eco enzyme merupakan salah satu senyawa alami yang umumnya dihasilkan melalui proses ekstraksi atau fermentasi limbah organik, seperti kulit buah jeruk dan berbagai jenis limbah buah lainnya (Benny *et al.*, 2023). *Eco enzyme*

diperoleh dari hasil fermentasi ampas buah dan sayuran yang dicampurkan dengan gula dan air, sehingga menghasilkan larutan yang mengandung unsur hara penting bagi tanaman antara lain nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) serta karbon organik. Keberhasilan proses fermentasi *eco enzyme* ditandai dengan terbentuknya aroma asam yang segar dan tidak menimbulkan bau busuk seperti menurut Riyanto dan Roidah (2023) yang menyatakan bahwa *eco enzyme* berkualitas baik memiliki pH dibawah 4,0 serta aroma khas fermentasi yang asam dan segar. *Eco enzyme* memberikan manfaat bagi tanaman karena kandungan unsur yang terdapat dalam pupuk organik cair tersebut. Aplikasi pupuk cair *eco enzyme* mampu membantu mempercepat pertumbuhan tanaman dan berperan dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif pada tanaman.

2.5 Nutrisi AB Mix

AB Mix merupakan larutan nutrisi yang banyak digunakan dalam budidaya hidroponik karena mengandung unsur hara makro dan mikro yang lengkap sesuai kebutuhan tanaman. Pengembangan formulasi nutrisi hidroponik modern berawal dari penelitian Hoagland dan Arnon pada tahun 1938 yang memperkenalkan metode budidaya tanaman tanpa tanah melalui penyediaan unsur hara dalam larutan nutrisi. Penelitian tersebut menjadi dasar dalam penyusunan formulasi nutrisi hidroponik yang masih digunakan hingga saat ini. Selanjutnya, perkembangan teknologi hidroponik semakin pesat setelah Gericke memperkenalkan konsep hidroponik sebagai metode budidaya tanpa tanah yang memanfaatkan larutan nutrisi sebagai sumber hara utama tanaman. Dalam perkembangannya, larutan nutrisi diformulasikan dalam dua bagian, yaitu Stok A dan Stok B, untuk mencegah terjadinya pengendapan unsur hara tertentu yang dapat mengurangi ketersediaannya bagi tanaman. Pemisahan tersebut dilakukan karena unsur kalsium tidak dapat dicampurkan secara pekat dengan unsur sulfat maupun fosfat, sehingga berpotensi membentuk senyawa yang tidak larut dan sulit diserap oleh tanaman. Oleh karena itu, AB Mix dikembangkan sebagai nutrisi hidroponik yang mampu menyediakan unsur hara secara lengkap,

seimbang, dan mudah diserap untuk mendukung pertumbuhan serta hasil tanaman secara optimal (Hoagland dan ArnonI, 1938).

Larutan nutrisi AB Mix umumnya disusun dalam dua larutan stok, yaitu Stok A dan Stok B, untuk menjaga kestabilan unsur hara serta mencegah terjadinya pengendapan yang dapat mengurangi ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Stok A berisi senyawa yang mengandung kalsium (Ca), karena ion kalsium tidak dapat dicampurkan dengan fosfat dan sulfat dalam kondisi pekat akibat dapat membentuk senyawa tidak larut. Bahan yang umumnya terdapat dalam Stok A adalah kalsium nitrat yang mengandung sekitar 19% Ca, 14,4% nitrogen nitrat, dan 1,1% nitrogen amonium, serta kalium nitrat yang mengandung sekitar 38% kalium dan 13% nitrogen nitrat. Sementara itu, Stok B berisi senyawa yang mengandung fosfat dan sulfat, seperti monokalium fosfat (KH_2PO_4) yang mengandung sekitar 28% kalium dan 23% fosfor, amonium sulfat (ZA) yang mengandung sekitar 21% nitrogen amonium dan 24% sulfur, kalium sulfat (K_2SO_4) yang mengandung sekitar 45% kalium dan 18% sulfur, serta magnesium sulfat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) yang mengandung sekitar 9,9% magnesium dan 13% sulfur. Pemisahan kedua larutan stok tersebut bertujuan untuk menjaga kelarutan dan ketersediaan unsur hara sehingga dapat diserap secara optimal oleh tanaman pada sistem hidroponik (Resh, 2012).

Nutrisi AB Mix memiliki kandungan unsur hara makro maupun mikro yang sangat banyak dan berperan penting dalam memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman selama masa pertumbuhan. Nutrisi ini sangat dibutuhkan terutama dalam sistem budidaya tanaman secara hidroponik agar tanaman dapat tumbuh dengan optimal dan sehat (Ramaidani dkk., 2022). Meskipun demikian, nutrisi AB Mix juga memiliki beberapa kelemahan, salah satunya adalah apabila digunakan dengan dosis yang tidak tepat dapat menyebabkan overdosis nutrisi pada tanaman, yang akhirnya berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman tersebut.

Nutrisi yang diberikan kepada tanaman harus memiliki komposisi ion hara dan konsentrasi yang tepat agar mampu mendukung pertumbuhan dan produksi secara optimal. Nutrisi berfungsi sebagai sumber unsur hara dan mineral esensial,

sehingga pengaturannya dari segi jumlah dan konsentrasi menjadi faktor penting dalam menentukan pertumbuhan serta hasil tanaman. Variasi konsentrasi nutrisi dapat digunakan sebagai pendekatan untuk memperoleh konsentrasi yang paling sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman berdasarkan jenisnya (Hidayati, 2009).

AB Mix merupakan larutan hara yang diformulasikan dari bahan berkualitas tinggi dengan karakteristik mudah larut dalam air (*water soluble grade*), sehingga sesuai diaplikasikan pada sistem hidroponik seperti irigasi tetes dan rakit apung. Nutrisi AB Mix dikemas dalam bentuk paket terpisah, yaitu stok A yang mengandung unsur hara makro dan stok B yang mengandung unsur hara mikro, serta tersedia dalam berbagai bentuk fisik. Dalam praktik budidaya hidroponik, AB Mix merupakan nutrisi yang paling umum digunakan. Pemberian AB Mix pada konsentrasi 1000 ppm dilaporkan mampu menghasilkan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi yang optimal (Nugraha, 2014).

2.6 Teknologi Nanobubble

Kegiatan penelitian serta pengembangan penerapan teknologi nano di sektor pertanian dan pengolahan pangan mengalami kemajuan yang sangat pesat. Amerika Serikat yang membentuk *National Nanotechnology Initiative* (NNI) sebagai wadah pengembangan teknologi nano. Teknologi nano memiliki potensi yang sangat besar dalam pengembangan produk inovatif di bidang pertanian, pengolahan air, produksi pangan, pengolahan hasil pangan, pengawetan, serta pengemasan. Penerapan teknologi ini dinilai mampu meningkatkan nilai tambah dan daya saing produk, sekaligus memberikan keuntungan bagi petani, industri pangan, dan konsumen.

Teknologi nano merupakan suatu bidang ilmu yang bersifat interdisipliner karena melibatkan berbagai cabang ilmu. Teknologi nano tidak hanya berkaitan dengan proses pengecilan ukuran bahan atau materi melalui pendekatan *top down* hingga mencapai skala nanometer. Teknologi nano mencakup kegiatan karakterisasi, fabrikasi, dan manipulasi terhadap struktur, perangkat, maupun material yang

memiliki setidaknya satu dimensi atau mengandung komponen dengan satu dimensi, yang berada pada kisaran ukuran sekitar 1-100 nanometer (Ariningsih, 2016).

Penerapan teknologi nano dalam bidang pertanian dapat bermanfaat dalam peningkatan produktivitas dari tanaman dan kualitas produk, penerapan teknologi nano dalam bidang pertanian antara lain pupuk nano. Teknologi *nanobubble* mampu menghasilkan gelembung berukuran sangat kecil dalam air yang dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut lebih tinggi jika dibandingkan dengan gelembung yang dihasilkan oleh aerator konvensional (Zaidy dkk., 2021). Pupuk berbasis teknologi nano mempunyai sifat *slow release* (pelepasan hara secara lambat) dan tersusun dari partikel yang berukuran sangat kecil, semakin halus ukuran partikel hara, semakin cepat dan mudah diserap serta diolah oleh tanaman melalui akar, stomata, maupun jaringan meristem sehingga, dengan tingkat penyerapan yang lebih efisien, penggunaan pupuk dapat dikurangi tanpa menurunkan hasil produksi (Hutagaol dan Utami, 2020). Nanoteknologi berpotensi membawa perubahan signifikan pada sektor pertanian.

Penerapan teknologi nano dalam bidang pertanian lainnya yaitu pestisida nano yang menggunakan partikel berskala nano dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman, penggunaan partikel nano memungkinkan pestisida bekerja lebih efektif dan tepat sasaran. Selain itu pestisida nano dapat mengurangi kebutuhan akan bahan kimia berbahaya menurunkan dampak negatif terhadap lingkungan sehingga membantu memperpanjang masa simpan hasil pertanian. Selain itu terdapat juga benih nano yang telah diperkaya dengan nano partikel yang mengandung nutrisi, pupuk, maupun pestisida. Penambahan nano partikel tersebut bertujuan untuk mendukung pertumbuhan awal tanaman dan meningkatkan tingkat keberhasilan budidaya.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Lapang, Kelurahan Kota Sepang Jaya, Kecamatan Labuhan Ratu, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung Pada bulan Desember - Januari 2026.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain instalasi hidroponik, pH meter, TDS meter, klorofil meter SPAD, lux meter, hygrometer, nanobubble aerator, netpot, rockwool, mikroskop, timbangan digital, oven, ember nutrisi, pompa nutrisi, kain flannel, sterofom, jerigen ukuran 10 L, drum plastik kecil, alat tulis, dan kamera digital. Adapun bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah benih bayam hijau, larutan nutrisi AB Mix dengan merk Paramudita Nutrient, ekstrak rumput laut, gulma titonia, sabut kelapa, dan ekstrak pupuk kandang ayam, EM-4 (*Effective Microorganism 4*), air bersih, kulit nanas, kulit lemon, kulit mangga, kulit semangka, sawi hijau, kangkung, molase.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor tunggal 4 perlakuan kombinasi nutrisi dengan 6 ulangan sehingga diperoleh 24 satuan percobaan. Terdapat 6 lubang tanam setiap satuan percobaan, sehingga diperoleh total seluruh 432 populasi tanaman.

Penelitian ini menggunakan 4 macam perlakuan yaitu :

P1 = 100% AB Mix (Kontrol)

P2 = 75% AB-Mix + *Eco Enzyme* 2 ml/l

P3= 75% AB-Mix + 25% POC nano

P4= 75% AB-Mix + 25% POC nano + *Eco Enzyme* 2 ml/l

Data yang dieproleh kemudian di uji homogenitas ragamnya menggunakan uji Barlett dan ketidakaditifan diuji dengan Uji Tukey. Selanjutnya data diuji menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Denah pada penelitian ini disajikan pada Gambar 2.

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

Gambar 2. Tata Letak Percobaan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Penyemaian

Penyemaian benih pada penelitian ini menggunakan media tanam berupa *rockwool*. *Rockwool* dipotong menjadi ukuran 2,5 cm x 2,5 cm. setelah dipotong media dilubangi pada bagian tengah untuk meletakkan benih. *Rockwool* yang telah diisi benih kemudian diletakkan diatas nampan dan disiram dengan menggunakan air secukupnya untuk menjaga kelembaban. Benih bayam diamati setelah dua hari untuk memastikan benih telah mengalami proses perkecambahan. Penyemaian benih dilakukan selama 7 hari atau ketika tanaman sudah memiliki 3-4 helai daun.

3.4.2 Pembuatan Larutan Stok AB Mix

Proses pembuatan larutan nutrisi AB Mix dalam penelitian ini menggunakan produk dengan merek dagang Paramudita Nutrient, yang terdiri dari dua jenis

larutan, yaitu nutrisi A dan nutrisi B. Larutan nutrisi disiapkan secara terpisah dengan masing-masing volume 500 ml untuk nutrisi A dan 500 ml untuk nutrisi B. Proses pencampuran dilakukan menggunakan wadah berupa jirigen berkapasitas 1 liter. Aplikasi nutrisi AB Mix dilakukan dengan perbandingan 5:5:1000. Setelah nutrisi A dan B dicampurkan, larutan diaduk hingga tercampur secara merata, kemudian dilakukan pengadukan ulang untuk memastikan larutan berada dalam kondisi homogen. Larutan nutrisi AB Mix umumnya disusun dalam dua larutan stok, yaitu Stok A dan Stok B, untuk menjaga kestabilan unsur hara serta mencegah terjadinya pengendapan yang dapat mengurangi ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Stok A berisi senyawa yang mengandung kalsium (Ca), karena ion kalsium tidak dapat dicampurkan dengan fosfat dan sulfat dalam kondisi pekat akibat dapat membentuk senyawa tidak larut (Resh, 2012).

3.4.3 Pembuatan Pupuk Organik Cair Nano

Pupuk organik cair berteknologi nano dirancang untuk meningkatkan serapan hara, mempercepat pertumbuhan, serta memperbaiki hasil dan mutu tanaman. Partikel berukuran nano memudahkan nutrisi masuk ke jaringan tanaman dan meningkatkan ketersediaannya menjadi lebih optimal. Bahan dasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu rumput laut, gulma titonia, sabut kelapa, dan pupuk kandang ayam. Fermentasi menggunakan EM-4 yang berguna untuk bioaktivator mengandung mikroorganisme untuk mempercepat proses dekomposisi, gula merah digunakan sebagai sumber energy bagi mikroorganisme yang terkandung di EM-4, dan 7 liter air, volume tersebut berfungsi sebagai media fermentasi yang cukup untuk melarutkan hasil dekomposisi bahan organik dan mendukung aktivitas mikroorganisme EM-4.

Adapun langkah-langkah pembuatan pupuk organik cair nano sebagai berikut :

1. Menurut penelitian Putri dan Fevria (2024) Bahan yang digunakan untuk pupuk organik cair yaitu rumput laut 500 gram, gulma titonia 500 gram, sabut kelapa 150 gram, dan pupuk kandang ayam 150 gram, 350 ml gula aren, 350 ml EM-4 dan air 7 liter.

2. Rumput laut dan gulma titonia diblender hingga halus, sabut kelapa dan pupuk kandang ayam dimasukkan ke dalam jirigen berkapasitas 10 L. Selanjutnya ditambahkan gula aren, EM-4, dan air sebanyak 7 L, kemudian seluruh bahan diaduk hingga homogen.
3. Dicampurkan bahan fermentasi di dalam ember yang ditutup rapat selama 14 hari pada suhu ruang.
4. Setelah proses fermentasi selesai, larutan disaring untuk memisahkan filtrat dari ampas hasil fermentasi.
5. Filtrat yang diperoleh dipindahkan ke dalam wadah lain yang telah dilengkapi dengan *nanobubble aerator*.
6. Proses nanoisasi dilakukan dengan *nanobubble aerator* hingga terbentuk gelembung berukuran nano yang terdistribusi secara merata dalam larutan dan aktivasi berlangsung sekitar 3 jam. Hasil proses tersebut berupa pupuk organik cair teknologi nano yang siap digunakan sebagai sumber nutrisi tanaman.

Tabel 1. Kandungan hara pada bahan pupuk organik cair dalam 100 gram

Unsur Hara	Rumput Laut (%) ^a	Gulma Titonia (%) ^b	Sabut Kelapa (%) ^c	Pupuk Kandang Ayam (%) ^d	Total (%)
N	1,00	4,0	0,28	3,21	8,5
P	0,1	0,38	0,01	0,80	1,3
K	12,0	4,1	1,03	1,57	18,70
Ca	5,0	0,59	0,014	1,57	7,17
Mg	2,0	0,27	0,017	1,44	3,73
Mn	0,005	-	-	0,025	0,03
Zn	0,004	-	-	0,0315	0,04
Fe	0,01	-	-	-	0,01

Sumber .^a (Holdt dan Kraan, 2011); ^b (Jamilah dan Marni, 2013) ; ^c (Wiryanta dan Bernardinus, 2002) ; ^d (Jama dkk, 2000).

3.4.4 Pembuatan Larutan *eco enzyme*

Pembuatan *eco enzyme* diperoleh dari proses fermentasi. Bahan- bahan yang digunakan yaitu berasal dari limbah kulit nanas 360 gr, kulit lemon 420 gr, kulit mangga 370 gr, kulit semangka 290 gr, sawi hijau 180 gr, kangkung 180 gr, dan molase 600 ml dan air sebanyak 6 liter, volume tersebut berfungsi sebagai media fermentasi yang cukup untuk melarutkan hasil dekomposisi bahan organik.

Adapun langkah-langkah pembuatan *eco enzyme* sebagai berikut :

1. Cara pembuatannya yaitu ditimbang bahan-bahan utamanya yaitu kulit nanas, kulit lemon, kulit mangga, kulit semangka, sawi hijau, dan kangkung.
2. Kulit buah dan sayur dicuci bersih, dimasukan molase kedalam wadah yang sudah diisi air bersih
3. Dimasukan semua bahan kedalam dirijen dan diaduk dengan rata, dirijen ditutup rapat dan dibiarkan selama 3 bulan untuk proses fermentasi.
4. Setelah itu dilakukan proses penyaringan dengan memisahkan antara larutan dengan ampas kulit buah dan sayur, dan dipindahkan larutan *eco enzyme* kedalam botol.

Pemberian *eco enzyme* dilakukan pada saat berumur 7 hari setelah pindah tanam dengan penyemprotan bagian daun 2 kali dalam seminggu.

Tabel 2. Kandungan hara pada bahan *eco enzyme* dalam 100 gram

Unsur Hara	Kulit nanas (%) ^a	Kulit lemon (%) ^b	Kulit mangga (%) ^c	Kulit semangka (%) ^d	Sawi hijau (%) ^e	Kangkung (%) ^f	Total
N	0,05	-	2,10	-	2,50	3,09	7,74
P	0,03	6,70	0,18	0,135	0,30	0,18	7,53
K	0,13	8,60	2,26	1,37	3,00	2,26	17,62
Ca	-	8,45	1,20	0,29	-	1,20	11,14
Mn	1522,7	-	0,50	1,42	50	0,50	1575,1
Zn	-	0,014	0,10	1,29	20	0,10	21,50
Fe	77,15	0,148	-	1,29	150	-	228,59

Sumber. ^a (Santi dan Darmawan, 2018) ; ^b (Gaipova dkk, 2022) ; ^c (Nurmalina, 2020) ; ^d (Fila, 2013) ; ^e (Widyawati ; 2020) : ^f (Yusmayan dan Asmara, 2019).

3.4.5 Pencampuran Larutan Nutrisi Perlakuan

Volume larutan nutrisi yang diberikan pada setiap perlakuan yaitu sebagai berikut.

- P1 = 100% AB Mix
= 10 ml/l AB Mix
- P2 = 75% AB Mix + *Eco enzyme*
= $75/100 \times 10 \text{ ml} + 2 \text{ ml/l}$
= 7,5 ml/l + 2 ml/l
- P3 = 75% AB Mix + 25% POC teknologi nano
= $75/100 \times 10 \text{ ml} + 25/100 \times 200 \text{ ml}$
= 7,5 ml + 50 ml/l
- P4 = 75% AB Mix + 25% POC Teknologi Nano + *Eco enzyme*
= $(75/100 \times 10 \text{ ml}) + (25/100 \times 200 \text{ ml/l}) + 2 \text{ ml/l}$
= 7,5 ml + 50 ml/l + 2 ml/l

Pemberian *eco enzyme* dilakukan dengan teknik *spray* dan *eco enzyme* diberikan sebagai perlakuan tambahan, pemberian *eco enzyme* dengan teknik *spray* 2 ml/L menghasilkan panjang daun, lebar daun, jumlah daun, dan bobot basah pada tanaman pakcoy (Prasetiawati dkk., 2023). kebutuhan hara yang dibutuhkan pada tanaman bayam yaitu sekitar 600-1200 ppm dan pH ideal sekitar 5,5-6,5.

3.4.6 Pindah Tanam

Pemindahan bibit bayam ke sistem hidroponik dilakukan pada hari ke-7 setelah penyemaian. Waktu yang disarankan untuk pindah tanam adalah pagi atau sore hari guna menghindari suhu tinggi yang dapat menyebabkan stres pada tanaman.

3.4.7 Pemeliharaan

Perawatan tanaman meliputi pengecekan volume larutan nutrisi, pengukuran pH, serta kepekatan larutan dengan alat TDS dan pH meter. Hal ini bertujuan menjaga kecukupan nutrisi sesuai kebutuhan tanaman. Tanaman yang mati dalam satu minggu pertama setelah tanam segera diganti. Untuk tanaman bayam hidroponik, larutan nutrisi sebaiknya dijaga pada kisaran TDS dengan nilai ideal sekitar 1.260–1.610 ppm, karena pada kisaran tersebut kebutuhan unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg, S) maupun mikro (Fe, Zn, Mn, Cu, B) dapat tercukupi tanpa menyebabkan cekaman salinitas. Selain itu, pH larutan nutrisi perlu dipertahankan dalam rentang 5,5–6,5, dikarenakan pada kondisi ini unsur hara berada dalam bentuk yang paling mudah diserap oleh tanaman. Menjaga TDS dan pH dalam kisaran tersebut sangat penting untuk menunjang pertumbuhan vegetatif bayam, terutama perkembangan daun yang menjadi bagian utama hasil panen (Sutanto dan Pramono, 2020). Untuk TDS dinaikkan dengan menambah larutan nutrisi dan diturunkan dengan air bersih, sedangkan pH dikoreksi memakai pH up (larutan basa seperti KOH) atau pH Down (larutan asam seperti HNO_3 atau H_3PO_4). Penyesuaian harus bertahap sambil dipantau dengan TDS meter dan pH meter.

3.4.8 Pengendalian Hama

Pengendalian hama dilakukan secara manual dengan membersihkan hama dari tanaman dan lingkungan sekitar rumah kaca setiap hari, guna meminimalisir kerusakan yang ditimbulkan.

3.4.9 Pemanenan

Pemanenan bayam dilakukan pada umur 25 hari setelah tanam, saat tanaman telah mencapai pertumbuhan optimal. Waktu panen disarankan pada pagi atau sore hari untuk menghindari kelayuan akibat paparan sinar matahari langsung.

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan yang diamati pada penelitian ini adalah tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, panjang daun, panjang tangkai daun, bobot tanaman segar, bobot tanaman kering, bobot akar, panjang akar, dan tingkat kehijauan daun.

3.5.1 Tinggi Tanaman (cm)

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan pada setiap satuan Percobaan dan diukur setiap minggu. Tepatnya pada 7, 14, dan 25 HSA. Pengukuran tinggi tanaman diukur dari permukaan atas media sampai daun terpanjang menggunakan mistar. Pengambilan data diambil dari 18 tanaman pada setiap perlakuan.

3.5.2 Jumlah Daun

Pengamatan jumlah daun dilakukan setiap satuan Percobaan dan dihitung setiap minggu. Tepatnya pada 7, 14, dan 25 HSA dari daun paling bawah hingga pucuk tanaman. Pengambilan data diambil dari 18 tanaman pada setiap perlakuan.

3.5.3 Lebar Daun (cm)

Pengamatan lebar daun dilakukan setiap satuan percobaan dan diukur setiap minggu, tepatnya pada 7, 14, dan 25 HSA. Pengukuran lebar daun, diukur pada daun pertama bagian sisi daun yang paling lebar menggunakan mistar. Pengambilan data diambil dari 18 tanaman pada setiap perlakuan.

3.5.4 Panjang Daun (cm)

Pengamatan panjang daun dilakukan setiap satuan percobaan dan diukur setiap minggu, tepatnya pada Tepatnya pada 7, 14, dan 25 HSA. Pengukuran panjang daun , diukur dari pangkal daun sampai pucuk daun menggunakan mistar. Pengambilan data diambil dari 18 tanaman pada setiap perlakuan.

3.5.5 Panjang Tangkai Daun (cm)

Pengamatan panjang tangkai daun dilakukan pada semua tanaman pada batang daun tertinggi. Setiap satuan percobaan dan diukur setiap minggu, tepatnya pada Tepatnya pada 7, 14, dan 25 HSA. Pengukuran panjang tangkai daun dari pangkal tangkai daun hingga ujung tangkai daun menggunakan mistar. Pengambilan data diambil dari 18 tanaman pada setiap perlakuan.

3.5.6 Bobot Segar Tanaman (g)

Pengamatan bobot daun segar dilakukan setiap sampel. Pengukuran bobot tanaman segar diukur dengan menimbang tanaman yang telah dibersihkan dan di timbang menggunakan timbangan digital dengan satuan pengukuran gram. Pengambilan data diambil dari 6 tanaman pada setiap perlakuan.

3.5.7 Bobot Kering Tanaman (g)



Gambar 3. Pengukuran Bobot Kering.

Pengamatan bobot kering tanaman dilakukan pada setiap sampel. Pengukuran bobot kering tanaman ditimbang dengan menggunakan timbangan digital, setelah melewati proses pengeringan menggunakan oven. Pengambilan data diambil dari 6 tanaman pada setiap perlakuan.

3.5.8 Bobot Akar (g)



Gambar 4. Pengukuran Bobot Akar.

Pengamatan bobot akar tanaman dilakukan setiap sampel. Pengukuran bobot akar diukur dengan menimbang tanaman yang telah dibersihkan dan di timbang menggunakan timbangan digital dengan satuan pengukuran gram. Pengambilan data diambil dari 6 tanaman pada setiap perlakuan.

3.5.9 Panjang Akar (cm)



Gambar 5. Pengukuran Panjang Akar.

Pengamatan panjang akar dilakukan pada setiap satuan percobaan dilakukan pada 3 tanaman pada setiap satu satuan percobaan pada akar yang terpanjang. Pengukuran panjang akar dilakukan menggunakan mistar. Pengambilan data

diambil dari 6 tanaman pada setiap perlakuan.

3.5 10 Tingkat Kehijauan Daun



Gambar 6. Pengukuran Tingkat Kehijauan Daun.

Tingkat kehijauan daun dapat diamati menggunakan alat klorofil meter atau biasa yang dikenal dengan SPAD (*Soil Plant Analysis Development*). Pengamatan dilakukan pada tanaman berumur 21 HSA dengan cara meletakkan alat pada daun dengan mengambil 3 titik yaitu bagian sisi bawah, sisi tengah, dan sisi atas daun.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini sebagai berikut :

1. Penggunaan pupuk organik cair nano berbasis gulma titonia dan *eco enzyme*, sebagai substitusi 25% nutrisi AB Mix mampu memberikan hasil tanaman bayam sama dan lebih baik dengan perlakuan 100% AB Mix.
2. Perlakuan substitusi 75% AB Mix dengan 25% pupuk organik cair nano dan/atau *eco enzyme* menghasilkan jumlah daun sebesar 10,22–10,33 helai, yang setara atau lebih baik dibandingkan perlakuan 100% AB Mix, dengan hasil yang baik pada parameter panjang daun, lebar daun, dan tingkat kehijauan daun.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penggunaan salah satu perlakuan substitusi AB Mix hingga 25% dengan *eco enzyme* dan/atau pupuk organik cair nano dapat sebagai alternatif yang lebih efisien dalam meningkatkan hasil tajuk tanaman. Pupuk organik cair nano menyediakan unsur hara yang mudah diserap tanaman, dan diperlukan mengetahui kestabilan dan efektivitasnya pada berbagai kondisi lingkungan dan jenis tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Advinda, L. 2018. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Deepublish. Yogyakarta.
- 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.
- Amin, A. A., Arnis E. Y., dan Nurbaiti. 2017. Pemanfaatan limbah cair tahu untuk pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jom Faperta*. 4(2): 1-11.
- Ardy, A. H., Yudha I., dan Mella M. S. 2022. Pengaruh pupuk organik cair keong mas terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Juster*. 1(3): 131-142.
- Ariningsih, E. 2016. Prospek penerapan teknologi nano dalam pertanian dan pengolahan pangan di Indonesia. *In Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 34 (1): 1-20.
- Armaniar, A., Sulardi, S., Wibowo, F., dan Manik, M. S. 2023. Response of liquid organic fertilizer application from sword fern weeds and goat manure on growth and production of green beans (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*. 9(3): 717-726.
- Benny, N., Shams, R., Dash, K. K., Pandey, V. K., dan Bashir, O. 2023. Recent trends in utilization of citrus fruits in production of *eco-enzyme*. *Journal of Agriculture and Food Research*. 13.
- Bulkaini, Syamsuhaidi, Sutaryono, Y., Dahlanuddin, Fajariswana, Zuana, Maulana, Mutia S. Ardana P. dan Parwati. 2022. Inovasi teknologi pembuatan pupuk organik cair berbasis limbah sabut kelapa. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. 5(2): 204-208.
- Dikdik, T. 2014. *Fungsi Utama Hara N*. Media Petani. Yogyakarta.

- Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*. 196: 3-14.
- Faqih, A., dan Ameyliska, N. 2017. Pengaruh kombinasi konsentrasi pupuk organik cair (super farm) dan kultivar terhadap pertumbuhan dan hasil pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Agrowagati*. 5(1): 556–565.
- Fatma, F., Harahap, I. S., Siahaan, I. M., dan Berliana, Y. 2019. Pengaruh konsentrasi dan interval pupuk organik cair terhadap pertumbuhan samhong (*Brassica juncea* L.) hidroponik. *Agrinula: Jurnal Agroteknologi dan Perkebunan*. 2(2): 23-27.
- Fitriani, A. 2017. *Respon Pertumbuhan Tanaman Kentang (Solanum tuberosum L..) Varietas Granola Secara Kultur Tunas Dengan Kombinasi Nutrisi Ab Mix Dan Pupuk Organik Cair*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah. Purwokerto.
- Gaipova, S., Abdurakhimov, A., Ruzibayev, A., dan Salijonova, S. 2022. Chemical composition of lemon (*Citrus limon*) and peels: its considerations as animal food. *Journal of Food Science*. 87(4): 1612-1620.
- Gunawan, B., Pratiwi, Y. I., dan Saadah, T. T. 2017. Study of liquid organic fertilizer tech nano in the rate of increase in growth beginning cuttings bagal plant Cane Ps-881. *JHP17: Jurnal Hasil Penelitian*. 2(1): 62-67.
- Gustiar, F., Munandar, M., Aprilia, N. Y., Hasmeda, M., Amar, M., Arsi, A. 2021. Pertumbuhan dan hasil tanaman bayam (*Amaranthus* sp) pada berbagai Komposisi Nutrisi Alternatif Pengganti AB Mix dengan sistem Hidroponik Deep Flow Technique. *In Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. 9: 931-940.
- Hartatik, W, Husnain, dan W Ladiyani. 2015. Peranan pupuk organik dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 9(2): 107-120.
- Hemalatha, M., dan Visantini, P. 2020. Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 716(1).
- Hidayat, T., Wardawati, dan Armaini. 2013. *Pertumbuhan dan Produksi Sawi (Brassica juncea L) Pada Inceptisol dengan Aplikasi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Skripsi. Universitas Riau. Riau.
- Hoagland, D. R., dan Arnon, D. I. 1938. *The water-culture method for growing plants without soil*. CABI. Inggris.

- Holdt, S. L., dan Kraan, S. 2011. Bioactive compounds from seaweed: a review. *Journal of Applied phycology*. 23(3): 543-597.
- Hutagaol, E. R., dan Utami, N. 2020. Potensi nanopartikel dalam agromedicine. *Jurnal Agromedicine Unila*. 7(1): 29–34.
- Izzati, I. R. 2006. *Penggunaan Pupuk Majemuk sebagai Sumber Hara pada Budidaya Selada (Lactuca sativa L.) secara Hidroponik dengan Tiga Cara Fertigasi*. Skripsi. Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Jama, B., Palm, C.A., Buresh, R.J., Niang, A., Gachengo, C., Nziguheba, G., dan Amadalo, B. 2000. *Tithonia diversifolia as a Green Manure in Organic Agriculture*. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF). Nairobi, Kenya.
- Jamilah, Y. N., dan Marni. 2013. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) terhadap pupuk organik cair hasil fermentasi sabut kelapa. *Jurnal Floratek*. 8(1): 65-71.
- Karim, H. A., Gustiani, G., dan Yahya, A. 2023. Peran mahasiswa dalam pemanfaatan lahan pekarangan di desa sabura, kecamatan bulo, kabupaten polewali mandar. *Jurnal Sipissangngi: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*. 2(3): 251-255.
- Kurniawan, A., Titiek I., dan Koesriharti. 2017. Pengaruh aplikasi pupuk N dan K terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* var. *chinensis*) flamingo F1. *Produksi Tanaman*. 5(2): 281-189.
- Kurniawan, E., Dewi, R., dan Jannah, R. 2022. Pemanfaatan limbah cair industri kelapa sawit sebagai pupuk organik cair dengan penambahan serat tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 11(1): 76-90.
- Kusmargiani, I. S. 2021. Optimalisasi pekarangan melalui pelatihan hidroponik pada kelompok tani (KWT) “Ijo Royo–Royo” RT 07 RW 01 Tambak Aji Ngaliyan Semarang. In *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*. 3.
- Latifah, S., Atho’Mukhotib, A., Nadzir, N., Pamungkas, D. A., dan Hermawan, H. 2023. Sosialisasi pemanfaatan eco enzyme untuk mengurangi sampah organik di Dawis Anggrek desa Blederan, Wonosobo, Jawa Tengah. *Jurnal ABDIMAS-HIP Pengabdian Kepada Masyarakat*. 4(2): 67-76.
- Lestari, I. P., dan Putri, D. N. 2022. Efikasi aplikasi komposisi ab mix, eco enzyme dan pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil kangkung pada

- sistem hidroponik statis. In *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Agribisnis*. 6(1): 248-254.
- Li, Y., Fu, Y., Gan, Z., Wei, Q., Yang, M., Yao, F., dan Zhou, G. 2025. Manganese deficiency exacerbates boron deficiency-induced corky split vein in citrus by disrupting photosynthetic physiology and enhancing lignin metabolism. *Horticulturae*. 11(10): 1172.
- Lingga, P., dan Marsono. 2013. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Liu, R., dan Lal, R. 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the Total Environment*. 514: 131-139
- Lupitasari, A. 2020. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju fotosintesis tanaman. *Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi (JPST)*. 3(3): 440–447.
- Luthfi, M., Suliono, dan Rachmatullah. 2023. Rancang bangun sistem pengatur nutrisi, pH dan pemantau suhu tanaman hidroponik NFT untuk skala maksimal 100 tanaman selada di Kabupaten Indramayu. *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*. 8(1): 577–584.
- Mairusmiati . 2011. *Pengaruh Konsentrasi Pupuk Akar dan Pupuk Daun Terhadap Dap Pertumbuhan dan Produksi Bayam (Amaranthus hybridus) dengan Metode Nutrient Film Technique (NFT)*. Skripsi. Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Manik, D. E. P., Nababan, F. D., Ramadani, F., dan Wirman, S. P. 2023. Pengaruh perbedaan pH larutan hara terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy dalam sistem hidroponik Nutrient Film Technique (NFT). *Prosiding Seminar Nasional*, Universitas Mataram, Lombok Barat. NTB.
- Manuhara, Y. S., Winarni, D., dan Sugiarto, R. D. 2024. Wirausaha Sayur Sehat Bebas Pestisida Dengan Metode Hidroponik Untuk Memberdayakan Komunitas Karang Taruna. *Darmabakti Cendekia: Journal of Community Service & Engagements*. 6(1).
- Mas' ud, H. 2009. Sistem hidroponik dengan nutrisi dan media tanam berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil selada. *Media Litbang Sulawesi Tengah*. 2(2).
- Meriatna, M., Suryati, S., dan Fahri, A. 2019. Pengaruh waktu fermentasi dan volume bioaktivator EM4 pada pembuatan pupuk organik cair dari limbah buah-buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 7(1): 13-29.

- Muhadiansyah, T. O., Setyono, dan Adimihardja, S. A. 2016. Efektivitas pencampuran pupuk organik cair dalam nutrisi hidroponik pada pertumbuhan dan produksi tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Agronida*. 2: 37–46.
- Mutryarny, E., Endriani, E., dan Lestari, S. U. 2014. Pemanfaatan urine kelinci untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman sawi (*Brassica juncea* L) varietas tosan. Liquid organic rabbit fertilizer application on growth and production of mustard varietas tosan production of mustard varietas tosa. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 11(2): 23-34.
- Nugraha, R. U. 2014. *Sumber hara Pengganti AB mix pada Budidaya Sayuran Hidroponik*. Skripsi. IPB. Bogor.
- Nurdinasari, N. 2018. *Perbandingan Media Tanam Arang Sekam Dengan Tanpa Media Terhadap Hasil Tanaman Kangkung Darat (Ipomoea reptans Poir) Menggunakan Sistem Hidroponik Nft (Nutrient Film Technique)*. Skripsi. Doctoral dissertation, Universitas Pasundan. Bandung.
- Nurmalina, R. 2020. *Pengaruh Penambahan Aktivator Buah Mangga terhadap Kualitas Pupuk Organik Cair*. Skripsi. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Pakki, T., Adawiyah, R., Yuswana, A., Namriah, N., Dirgantoro, M. A., dan Slamet, A. 2021. Pemanfaatan eco-enzyme berbahan dasar sisa bahan organik rumah tangga dalam budidaya tanaman sayuran di pekarangan. *Prosiding Pepadu*. 3: 126-134.
- Pangaribuan, D. H., Ginting, Y. C., Arif, M. A. S., Niswati, A., Dermiyati, Utari, E., dan Aprilyani, Y. I. 2022. Pengaruh campuran ekstrak fermentasi pupuk kandang sapi sebagai substitusi nutrisi AB Mix pada tanaman pakcoy dengan sistem hidroponik. *Agrobali*. 5(1): 187-198.
- Pasaribu, R., Idris, M., Khairunnisa. 2025. Pemanfaatan poc limbah tahu dan ekoenzim sebagai nutrisi pertumbuhan bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) pada sistem hidroponik. *Jurnal Biogenerasi*. 10(2): 1196-1208.
- Prabowo, D., dan Mulyono, B. 2020. Efektivitas kombinasi pupuk organik dan nutrisi sintetis dalam budidaya hidroponik. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 28(3) :213-220.
- Prasetiawati, E. T., Nugroho, A. S., dan Prasetyo. 2023. Pengaruh pemberian eco enzyme melalui teknik spray daun terhadap pertumbuhan dan bobot basah pakcoy (*Brasica rapa* L.) pada sistem hidroponik. *Jurnal Pertanian Persisi*. 7(2): 105-115.

- Purwanto, E., Sunaryo, Y., dan Widata, S. 2018. Pengaruh kombinasi pupuk ab mix dan pupuk organik cair (poc) kotoran kambing terhadap pertumbuhan dan hasil sawi (*Brassica juncea* L.) hidroponik. *Jurnal Ilmiah Agroust*. 2(1): 11-24.
- Puspasari, I., Triwidyastuti, Y., dan Harianto, H. 2018. Otomasi sistem hidroponik wick terintegrasi pada pembibitan tomat ceri. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*. 7(1).
- Rahman, A., Lubis, M., dan Nasution, H. 2020. Proses fermentasi dan ketersediaan nutrisi pada pupuk organik cair. *Jurnal Bioteknologi*. 8(1) : 55-62.
- Ramaidani, Mardiana, V., dan Al-Faraby, M. 2021. Pengaruh nutrisi AB Mix terhadap pertumbuhan sawi pakcoy dan selada hijau dengan sistem hidroponik. *Jurnal Pendidikan Biologi*. 6(3): 300-310.
- Resh, H.M. 2012. *Hydroponic Food Production*. CRC Press. Amerika Serikat.
- Risnawati, B. 2016. *Pengaruh Penambahan Serbuk Sabut Kelapa (Cocopeat) pada Media Arang Sekam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (Brassica juncea L.) Secara Hidroponik*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin. Makassar.
- Riyanto, R., dan Roidah, I. S. 2023. Pengembangan kreativitas pengolahan limbah organik rumah tangga menjadi eco enzyme di kelurahan Bendogerit Kecamatan Sananwetan Kota Blitar. *Faedah: Jurnal Hasil Kegiatan Pengabdian Masyarakat Indonesia*. 1(3): 46–55.
- Roidah, I. S. 2014. Pemanfaatan lahan dengan menggunakan sistem hidroponik. *Jurnal Bonorowo*. 1(2): 43-49.
- Rukmi, S. S., Aiyen, A., dan Rauf, A. 2017. Growth of spinach (*Amaranthus tricolor* L.) under various applications of nutrient concentrations in hydroponic system of nutrient film technique. *Agroland the Agricultural Sciences*. 4(2): 75-82.
- Salsabila, R.K. 2023. Efektivitas pemberian eko enzim kulit buah sebagai pupuk organik cair terhadap pertumbuhan tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L .). *Lenterabio: Berkala Ilmiah Biologi*. 12(1): 50–59.
- Sandari, S., dan Yulia, A. E. 2016. Pemberian beberapa jenis kompos terhadap pertumbuhan bibit karet (*Hevea brasiliensis*) pada Stum Mini Klon PB260 dan Avros 2037. Skripsi. Riau University. Riau.

- Santi, R., Aini, S. N., dan Darmawan, N. 2018. Pertumbuhan dan produksi tanaman melon (*Cucumis melo* L) di tanah ultisol dengan penambahan pupuk organik cair (POC) kulit nanas. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*. 2(1): 31-39.
- Sari, I. R., dan Wahyuni, S. 2021. Efek aplikasi foliar eco enzyme terhadap klorofil dan pertumbuhan selada hidroponik. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 12(1): 30-37
- Sari, L., Susanti, D., dan Dewi, R. 2021. Kandungan nutrisi pada pupuk organik cair hasil fermentasi. *Jurnal Agribisnis*. 15(1): 70-80.
- Sari, M., Kurniawan, A., dan Putra, D. 2021. Karakteristik pupuk organik cair berbahan limbah buah. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*. 9(1): 33-40.
- Sativa, O., Maryam, S., dan Juita, F. 2017. Analisis Nilai Tambah Bayam Sebagai Bahan Baku. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Pembangunan*. 14(2): 39.
- Savvas, D., Ntatsi, G., dan Barouchas, P. 2018. Impact of grafting and rootstock on nutrient-to-water uptake ratio during the vegetative and reproductive stage of cucumber. *Scientia Horticulturae*. 234: 344-353.
- Schmautz, Z., dan Milliken, S. 2025. Toward nutrient cycling from organic waste streams for soilless cultivation. *Current Opinion in Food Science*. 61.
- Sedayu, B. B., Erawan, I. M. S., dan Assadad, L. 2014. Pupuk cair dari rumput laut *Eucheuma cottonii*, *Sargassum* sp. dan *Gracilaria* sp. menggunakan proses pengomposan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 9(1): 61-68.
- Sidqi, I. F. 2022. Pengaruh pupuk kandang ayam dan eco enzyme terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kailan (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra*). *Muria Jurnal Agroteknologi (MJ-Agroteknologi)*. 1(2): 13-21.
- 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).
- Sompotan, S. 2013. Hasil tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) terhadap pemupukan organik dan anorganik. *Geosains*. (2): 14-17.
- Surtinah. 2016. Penambahan Oksigen Pada Media Tanam Hidroponik Terhadap Pertumbuhan Pakcoy (*Brassica rapa*). *Jurnal Bibiet*. 1(1): 27-35.

- Susilowati, L. E., Ma'Shum, M., dan Arifin, Z. 2021. Pembelajaran tentang pemanfaatan sampah organik rumah tangga sebagai bahan baku eko-enzim. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. 4(4): 356-362.
- Sutanto, A., Hadi, S., dan Pramono, H. 2020. Pertumbuhan bayam hijau (*Amaranthus tricolor* L.) pada sistem hidroponik dengan variasi konsentrasi nutrisi. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*. 22(1): 15-22.
- Tifani, I., Sasli, I., dan Gusmayanti, E. 2013. Pengaruh lama perendaman sabut kelapa sebagai pupuk cair terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman ubi jalar. *Jurnal Sains Pertanian Equator*. 2(2).
- Umar, S. 2023. *Analisis Kandungan Unsur Hara Pada Eco Enzyme Dengan Komposisi Jumlah Limbah Kulit Buah Yang Berbeda*. Skripsi. Uin Raden Intan Lampung. Lampung.
- Veranica, Supriyono, dan Samanhudi. 2015. Pemanfaatan limbah cair industri tepung aren dan mikroorganisme lokal sebagai larutan nutrisi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bay kailan (*Brassica oleracea*) dengan sistem hidroponik. *Jurnal EL-VIVO*. 3(2).
- Wasito, M., dan Putri, R. E. 2023. Training on making eco enzymes from fruit waste in Suka Damai village, Kuala Sub-District, Langkat District. *Journal of Community Engagement*. 2: 232-241.
- Wibowo, R. H., Sipriyadi, M. A., Adfa, M., Hidayah, T., Medani, D. I., Silvia, E., dan Wahyuni, R. 2022. Pelatihan pembuatan ecoenzyme cairan serba guna sebagai bahan alternatif bio-handsanitizer dan biofertilizer pada kelompok tani Desa Suka Sari, Kecamatan Kabawetan, Kabupaten Kepahiang. *Martabe: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 5(1): 376-384.
- Widowati, 2005. *Pengaruh Kompos Pupuk Organik Yang Diperkaya Dengan Bahan Mineral Dan Pupuk Hayati Terhadap Sifat-Sifat Tanah, Serapan Hara, Dan Produksi Sayuran Organik*. Laporan Proyek Program Pengembangan Agribisnis. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Widyawati, R. 2020. *Respon Pertumbuhan dan Produksi Sawi Hijau terhadap Pemberian Pupuk Organik*. Skripsi. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Jakarta.
- Wijaya, H., Santoso, B., dan Nugroho, P. 2022. Pengaruh ph terhadap ketersediaan unsur hara pada tanaman hortikultura. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 13(2): 87-95.

- Wiryanta, W dan Bernardinus, T. 2002. *Bertanam Cabai Pada Musim Hujan*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Yanuar, F., dan Widawati, M. 2014. Pemanfaatan Nanoteknologi Dalam Pengembangan Pupuk dan Pestisida Organik. *Jurnal Kesehatan*. 1(1): 53–58.
- Yuanita, V. R., Kurniastuti, T., dan Puspitorini, P. 2016. Respon pupuk kandang kambing dan pupuk NPK pada pertumbuhan dan hasil tanaman terung hijau (*Solanum melongena* L.). *Jurnal Viabel Pertanian*. 10(1): 53-62.
- Yulina, H., Ambarsari, W., dan Laila, F. 2023. Pengaruh bahan organik terhadap bobot isi, kadar air, N-total, C-organik Tanah, dan hasil tanaman pakcoy di Kabupaten Indramayu. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari*. 4(1): 475-496.
- Yusmayan, dan Asmara, D. 2019. *Pengaruh Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan Tanaman Kangkung*. Skripsi. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin.
- 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.