

Efektivitas Ecoenzyme Limbah Kulit Jeruk Sebagai Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Bayam Hijau (*Amaranthus hybridus*)

Effectiveness Of Orange Peel Waste Ecoenzyme As Liquid Organic Fertiliser On The Vegetative Growth Of Green Spinach (Amaranthus hybridus)

Aidilia Syafitri Siregar¹, Eliza Sriyuliani Siahaan^{2*}, Jihan Indah Anggraini³, Mei Cristina Br Tambunan⁴, Renyta Triana⁵, Wia Purwa Atmaja⁶, Yulia Nanda Syahputri⁷, Idramsa Idramsa⁸, and Adelia Febriyossa⁹

¹Program Studi Biologi, Universitas Negeri Medan, Jl. Willam Iskandar Pasar V, Kenangan Baru, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, 20221, Indonesia

Artikel Info

Artikel Diterima : 17 Juni 2025
Artikel Direvisi : 19 Juni 2025
Artikel Disetujui : 30 Juni 2025

Kata Kunci : *Ecoenzyme*,
Pupuk Organik Cair (POC),
Bayam Hijau, Pertumbuhan
Tanaman

Keyword : *Ecoenzyme*, *Liquid
Organic Fertilizer (POC)*,
Green Spinach, *Plant Growth*

*Corresponding author
siahaaneliza5@gmail.com

<https://doi.org/10.36355/jsa.v10i1.1743>

ABSTRAK

Ecoenzyme merupakan hasil fermentasi limbah organik, gula, dan air yang mengandung enzim aktif, asam organik, serta unsur hara penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian ecoenzyme limbah kulit jeruk sebagai pupuk organik cair (POC) terhadap pertumbuhan bayam hijau (*Amaranthus hybridus*), serta menentukan konsentrasi yang paling optimal. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdiri dari empat perlakuan yaitu kontrol (P0), P1 (1 ml ecoenzym + 200 ml air), P2 (1 ml + 400 ml air), dan P3 (1 ml + 600 ml air), masing-masing dengan enam ulangan. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, lebar daun, dan jumlah daun. Data dianalisis menggunakan ANOVA dilanjutkan dengan uji LSD taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian ecoenzyme berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, lebar daun dan jumlah daun. Perlakuan P1 (1 ml + 200 ml air) dan perlakuan P2 (1 ml ecoenzyme dalam 400 ml air)

merupakan konsentrasi yang paling optimal dalam meningkatkan pertumbuhan bayam hijau dengan P1 paling efektif untuk tinggi dan lebar daun, serta P1 dan P2 untuk jumlah daun. Penelitian ini mendukung pemanfaatan ecoenzyme limbah kulit jeruk sebagai alternatif POC yang ramah lingkungan dan efisien dalam budidaya tanaman hortikultura.

Kata kunci : *Ecoenzyme*, Pupuk Organik Cair (POC), Bayam Hijau, Pertumbuhan Tanaman.

ABSTRACT

Ecoenzyme is the result of fermenting organic waste, sugar, and water, containing active enzymes, organic acids, and essential nutrients such as nitrogen, phosphorus, and potassium. This study aims to determine the effect of applying ecoenzyme made from orange peel waste

as liquid organic fertiliser (POC) on the growth of green amaranth (*Amaranthus hybridus*), as well as to determine the most optimal concentration. The study was conducted in a greenhouse using an experimental design with a Completely Randomised Design (CRD), consisting of four treatments: control (P0), P1 (1 ml ecoenzyme + 200 ml water), P2 (1 ml + 400 ml water), and P3 (1 ml + 600 ml water), each with six replicates. The observed parameters included plant height, leaf width, and number of leaves. Data were analysed using ANOVA followed by LSD test at the 5% level. The results showed that ecoenzyme application significantly affected plant height, leaf width, and number of leaves. Treatment P1 (1 ml + 200 ml water) and treatment P2 (1 ml ecoenzyme in 400 ml water) were the most optimal concentrations for enhancing the growth of green spinach, with P1 being the most effective for plant height and leaf width, and P1 and P2 for the number of leaves. This study supports the use of ecoenzyme from orange peel waste as an environmentally friendly and efficient alternative to POC in horticultural crop cultivation.

Keywords: Ecoenzyme, Liquid Organic Fertilizer (POC), Green Spinach, Plant Growth.

Pendahuluan

Sektor pertanian memiliki peranan dalam mendukung ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat, namun dihadapkan pada berbagai tantangan seperti keterbatasan lahan, degradasi tanah, perubahan iklim, serta dampak negatif penggunaan pupuk kimia sintetis. Meskipun efektif meningkatkan produktivitas jangka pendek, ketergantungan pada pupuk kimia justru mengurangi kesuburan alami tanah dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Manalu *et al.*, 2024). Sebagai alternatif berkelanjutan, *ecoenzyme* produk fermentasi limbah organik (buah/sayuran) dengan gula dan air memberikan solusi yang ramah lingkungan (Istanti *et al.*, 2023). Pupuk cair ini kaya akan bahan organik, unsur hara (N, P, K), dan enzim aktif (protease, amilase, lipase) yang berperan dalam meningkatkan aktivitas mikroba tanah, memperbaiki struktur tanah, mempercepat dekomposisi bahan organik, serta menyediakan nutrisi esensial bagi tanaman.

Sebagai produsen utama buah dan sayuran, Indonesia menghadapi peningkatan limbah kulit jeruk seiring dengan pertumbuhan konsumsi masyarakat. Limbah ini berpotensi mencemari lingkungan (Yuliana & Handayani, 2022). *Ecoenzyme* dari limbah kulit jeruk berfungsi sebagai biopestisida

dan pupuk alami karena mendukung pertumbuhan mikroba serta menguraikan protein nabati menjadi nitrogen yang menyuburkan tanah, sehingga tanaman seperti lidah buaya dan cabai dapat tumbuh subur. Selain itu, hasil fermentasinya efektif sebagai insektisida non-toksik untuk sayuran dan dapat dijadikan pupuk organik cair (POC) maupun disinfektan. Penggunaan POC *ecoenzyme* mempercepat pertumbuhan tanaman, dengan pembentukan bibit hanya membutuhkan 6 hari dibanding 9 hari tanpa enzim, sekaligus meningkatkan vigor bibit dan kesuburan tanah berkat kandungan nitrat (NO_3) dan karbonat (CO_3). Pembuatan *ecoenzyme* dari kulit jeruk menjadi solusi efektif karena ketersediaan yang melimpah, isi kandungan nutrisi (vitamin A/E, polifenol, asam askorbat), dan senyawa bioaktif (asam sitrat, malat, oksalat) dengan manfaat antioksidan dan anti-inflamasi (Meitiniarti *et al.*, 2025). Karakteristik ini menjadikan kulit jeruk bahan ideal untuk *ecoenzyme* yang ramah lingkungan.

Penelitian (Ria *et al.*, 2023) menyatakan bahwa pemberian *ecoenzyme* dengan dosis 3,2 ml/polybag mempercepat pertumbuhan daun dan produktivitas pada bayam varietas Giti Hijau. *Ecoenzyme* berbahan dasar kulit jeruk ini terbukti

meningkatkan pertumbuhan vegetatif, termasuk tinggi tanaman dan percabangan. Penelitian (Eltiya et al., 2023) menyatakan bahwa pemberian *ecoenzyme* dengan dosis 1,5%, 3%, 4,5%, dan 6% tidak mempercepat dan cenderung menghambat pertumbuhan bayam cabut (*Amaranthus viridis*).

Penelitian-penelitian mengenai efektivitas *ecoenzyme* terhadap pertumbuhan tanaman masih perlu diteliti terutama dalam standarisasi dosis, komposisi bahan baku, dan metode aplikasi di lapangan.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian *ecoenzyme* limbah kulit jeruk terhadap pertumbuhan tanaman bayam hijau (*Amaranthus hybridus*). Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Juni 2025 di Rumah Kaca Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan. Kondisi lingkungan selama penelitian dikontrol secara alami di Rumah Kaca Biologi Universitas Negeri Medan. Suhu lingkungan berkisar 27 - 30°C, dan tanaman mendapatkan cahaya matahari sekitar 12 jam setiap hari. Kelembaban udara berkisar antara 60 hingga 80%. Semua kondisi ini dipertahankan secara konstan selama penelitian agar tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman dari faktor luar. Pengujian kandungan unsur hara makro dalam *ecoenzyme* (N, P, dan K) dilakukan di Laboratorium Balai Pelaksanaan Standarisasi Instrumen Pertanian (BPSIP) Medan Johor, Sumatera Utara. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 taraf perlakuan dan 6 ulangan sehingga diperoleh 24 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri dari 3 tanaman, sehingga jumlah keseluruhan yaitu 72 tanaman bayam hijau (*Amaranthus hybridus*). Perlakuan yang diberikan dalam penelitian

ini adalah P0 (kontrol tanpa *ecoenzyme*), P1 (1 ml *ecoenzyme* + 200 ml air), P2 (1 ml *ecoenzyme* + 400 ml air), dan P3 (1 ml *ecoenzyme* + 600 ml air). Pemilihan konsentrasi *ecoenzyme* didasarkan pada penelitian (Arif et al., 2023) yang menguji efektivitas pemberian *ecoenzyme* terhadap pertumbuhan bawang merah. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa dosis 1 ml *ecoenzyme* dengan campuran air antara 200–600 ml meningkatkan pertumbuhan secara signifikan. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi 1 ml *ecoenzyme* + 600 ml air. Karena bawang merah dan bayam hijau termasuk sayuran hortikultura, maka konsentrasi tersebut diharapkan dapat membantu pertumbuhan bayam secara optimal.

Ecoenzyme disemprotkan pada tanaman bayam hijau dilakukan mulai 1 Minggu Setelah Tanam (MST) hingga tanaman berumur 3 MST. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), dan lebar daun (cm). *Ecoenzyme* memiliki sifat asam yang berpotensi memengaruhi pH media tanam dan pertumbuhan tanaman, terutama jika digunakan dalam konsentrasi tinggi. Meskipun dalam penelitian ini tidak dilakukan pengukuran pH tanah sebelum dan sesudah aplikasi, pemilihan konsentrasi *ecoenzyme* telah dipertimbangkan agar pH media tanam tetap berada dalam kisaran optimal bagi pertumbuhan bayam hijau yaitu antara 6,0 - 7,0. Untuk menghasilkan *ecoenzyme*, 900 gram kulit jeruk, 300 gram gula merah, dan 3 liter air dicampur dalam wadah tertutup dan difermentasi selama satu bulan. Selama dua minggu pertama, tutup wadah dibuka setiap hari untuk mengeluarkan gas fermentasi, dan untuk minggu berikutnya, wadah dibiarkan tertutup rapat. Media tanam dalam penelitian ini merupakan campuran 80% tanah humus dan 20% abu sekam, yang digunakan tanpa melalui proses sterilisasi terlebih dahulu. Selain itu, kandungan unsur hara awal pada media tanam tidak

dianalisis secara khusus sebelum pelaksanaan penelitian. Media tanam tidak disterilisasi dan diuji kandungan unsur haranya bertujuan untuk mensimulasikan budidaya tanaman secara alami agar hasil penelitian dapat mencerminkan pengaruh perlakuan *ecoenzyme* secara nyata. Penanaman bibit dilakukan dengan cara menaburkan tiga bibit bayam per polybag. Penyiraman dilakukan satu kali sehari pada minggu pertama dan dua kali sehari pada minggu kedua dan ketiga.

Parameter tinggi tanaman diukur menggunakan penggaris plastik transparan berskala sentimeter dengan ketelitian 0,1 cm. Parameter lebar daun diukur dengan penggaris plastik transparan. Parameter jumlah daun dihitung secara manual berdasarkan jumlah daun yang telah membuka sempurna per tanaman. Setiap pengukuran dilakukan dengan cara dan waktu yang konsisten, yaitu pada sore hari untuk menjaga objektivitas pengamatan.

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan perangkat lunak SPSS dengan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf signifikansi 5%. Jika hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan, maka dilakukan uji lanjut menggunakan *Least Significant Difference* (LSD) pada taraf kepercayaan yang sama (5%) untuk mengetahui perlakuan mana yang

memberikan pengaruh berbeda secara signifikan. Uji statistik ini digunakan untuk memastikan validitas hasil dalam mengevaluasi efektivitas masing-masing perlakuan *ecoenzyme* terhadap pertumbuhan bayam hijau.

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis parameter fisika kimia pupuk cair *ecoenzyme* dari limbah kulit jeruk dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Analisis Parameter Fisika Kimia Pupuk Cair *Ecoenzyme*

Hari Pengamatan	Suhu <i>Ecoenzyme</i>	pH <i>Ecoenzyme</i>	Warna <i>Ecoenzyme</i>	Aroma <i>Ecoenzyme</i>
Hari Ke-0	29°C	5	Coklat pekat	Asam
Hari Ke-3	29°C	3	Coklat pekat	Asam
Hari Ke-6	29°C	3	Coklat pekat	Asam mendekati busuk
Hari Ke-9	30°C	5	Coklat pekat	Asam sedikit busuk
Hari Ke-12	30°C	5	Coklat pekat	Asam sedikit busuk pekat
Hari Ke-15	31°C	5	Coklat pekat	Asam sedikit busuk pekat
Hari Ke-18	31°C	5	Coklat pekat	Asam sedikit busuk pekat



Gambar 1. Pupuk Cair *Ecoenzyme*

Hasil analisis parameter fisika kimia pupuk cair *ecoenzyme* dari limbah kulit jeruk (Tabel 1) menunjukkan bahwa suhu

stabil antara 29-31°C, dengan warna coklat pekat dan pH berkisar 5. Aroma yang dihasilkan oleh pupuk cair *ecoenzyme* ini semakin lama semakin asam, pekat dan mendekati bau busuk akibat sifat fermentatifnya. Proses fermentasi selama 18 hari menunjukkan perubahan signifikan pada parameter fisika dan kimia, seperti suhu, pH, warna, dan bau. Pada hari pertama, suhu 29°C, pH 5, warna coklat, dan aroma asam segar. Pada hari ketiga, pH turun menjadi

3, warna menjadi coklat tua, dan aroma asam menguat menandakan fermentasi aktif dan produksi asam organik. Pada hari keenam, pH tetap 3 dengan aroma semakin tajam mendekati busuk, mencerminkan aktivitas mikroorganisme yang tinggi. Pada hari kesembilan hingga delapan belas, pH naik kembali menjadi 5 dan stabil, suhu mencapai 31°C, warna tetap coklat tua, dan aroma menjadi lebih pekat dan busuk menandakan fermentasi memasuki fase akhir. Perubahan parameter selama fermentasi menunjukkan bahwa fase fermentasi aktif terjadi pada awal, ditandai dengan penurunan pH dari 5 menjadi 3 akibat aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan asam organik. Stabilitasnya suhu dan pH setelah hari kesembilan menandakan fase pematangan. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Permatananda & Pandit, 2023) yang

menyatakan bahwa fermentasi kulit jeruk menurunkan pH dan menghasilkan aroma asam segar dalam 10 hari pertama. Hal ini juga didukung oleh (Rochyani et al., 2020) yang menyebutkan bahwa *ecoenzyme* bersifat asam dengan pH 3–5 karena kandungan asam organik seperti asam asetat dan laktat yang terbentuk selama fermentasi. Menurut semakin tinggi kandungan asam organik, semakin rendah pH produk. Selain itu, kulit jeruk mengandung vitamin C, minyak atsiri, dan pektin yang memberi aroma khas, serta menghasilkan enzim seperti amilase, protease, dan lipase yang berperan dalam degradasi kulit jeruk (Nururrahmani et al., 2023)

Hasil analisis kandungan N, P, dan K pupuk cair *ecoenzyme* dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2.Hasil Analisis Kandungan N, P, dan K Pupuk Cair *Ecoenzyme*

Jenis Analisis	Nilai (%)	Metode Uji
N-total (%)	0,03	IK 03.14.0 (Kjeldhal)
P ₂ O ₅ (%)	0,05	IK 03.15.0 (Spektrofotometri)
K ₂ O (%)	0,79	IK. 03.16.0 (AAS)

Hasil analisis laboratorium terhadap pupuk cair *ecoenzyme* dari limbah kulit jeruk (Tabel 2) menunjukkan bahwa unsur hara makro yang paling tinggi adalah kalium (K₂O) sebesar 0,79%, diikuti fosfat (P₂O₅) 0,05% dan nitrogen 0,03%. Pengujian dilakukan menggunakan metode Kjeldahl untuk nitrogen, spektrofotometri untuk fosfor (P₂O₅), dan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) untuk kalium (K₂O). Kandungan kalium yang tinggi berperan penting dalam pembentukan buah, penguatan batang, mengatur buka tutup stomata secara optimal dan ketahanan tanaman terhadap stres. Hasil

uji unsur hara makro *ecoenzyme* ini sejalan dengan penelitian (Illahi et al., 2023) menyatakan bahwa *ecoenzyme* dari kulit buah mengandung kalium dalam jumlah signifikan berkisar antara 10,83 mg/100g hingga 26,26 mg/100g. Hal ini menunjukkan bahwa *ecoenzyme* berbasis kulit jeruk berpotensi sebagai sumber kalium organik yang efektif untuk mendukung pertumbuhan tanaman, khususnya yang memerlukan kalium tinggi. Meskipun kadar nitrogen dan fosfat yang terdapat dalam *ecoenzyme* ini relatif rendah, keduanya tetap memiliki peran penting dalam mendorong respon fisiologis tanaman, seperti merangsang

pertumbuhan vegetatif (akar, batang, dan daun) serta mendukung pembentukan klorofil yang diperlukan dalam proses fotosintesis (Agustin et al., 2019)

Hasil Analisis ANOVA tinggi tanaman bayam hijau dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini

Tabel 3.Hasil Anova Tinggi Tanaman Bayam Hijau

Hari Pengamatan	Sum of Squares (Between)	Sum of Squares (Within)	df (Between)	df (Within)	Mean Square (Between)	Mean Square (Within)	F	Sig.
Hari Ke-0	222.125	1564.833	3	20	74.042	78.242	.946	.437
Hari Ke-3	993.333	9686.667	3	20	331.111	484.333	.684	.572
Hari Ke-6	1953.792	11334.167	3	20	651.264	566.708	1.149	.354
Hari Ke-9	5483.762	13521.417	3	20	1827.921	676.071	2.704	.073

Analisis ANOVA membandingkan rata-rata tinggi tanaman antar perlakuan pada setiap waktu pengamatan. Jika nilai signifikansi (Sig.) kurang dari 0,05, maka terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan. Hasil uji ANOVA ini penting dalam menilai pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan tanaman bayam hijau.

Hasil analisis Uji *Least Significant Difference* (LSD) pada tinggi tanaman bayam hijau dapat dilihat pada Tabel 4 yang merinci angka-angka berbeda pada uji taraf kepercayaan 5%.

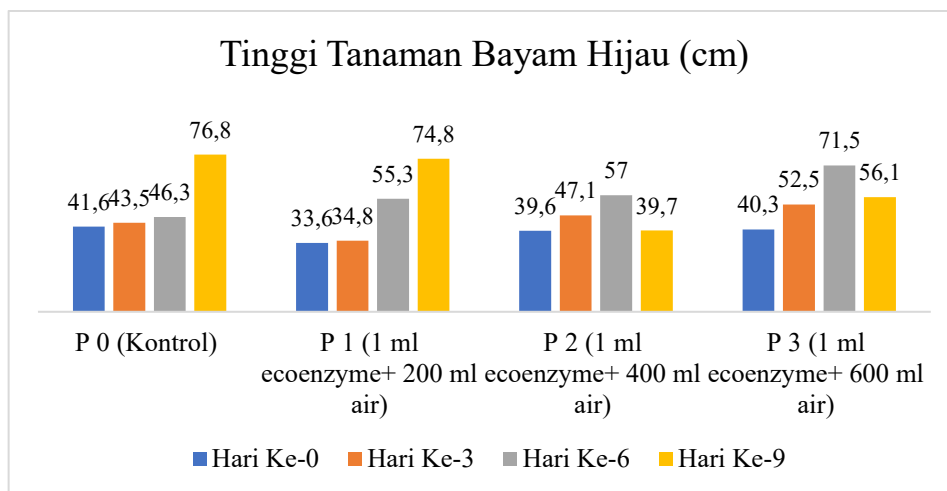
Tabel 4.Hasil Uji *Least Significant Difference* (LSD) Tinggi Tanaman Bayam Hijau Taraf 5%

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)			
	Waktu			
	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-6	Hari Ke-9
P 0 (Kontrol)	41,66 ^a	43,50 ^a	46,33 ^a	76,83 ^a
P 1 (1 ml <i>ecoenzyme</i> + 200 ml air)	33,66 ^a	34,83 ^a	55,33 ^a	74,83 ^a
P 2 (1 ml <i>ecoenzyme</i> + 400 ml air)	39,66 ^a	47,15 ^a	57 ^a	39,75 ^{bc}
P 3 (1 ml <i>ecoenzyme</i> + 600 ml air)	40,33 ^a	52,50 ^a	71,50 ^a	56,15 ^c

Ket: Angka-angka yang didampingi dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji LSD taraf kepercayaan 5%



Gambar 2. Pengukuran Tinggi Tanaman Bayam Hijau



Gambar 3. Diagram Rata Rata Tinggi Tanaman Bayam Hijau

Hasil uji LSD 5% tinggi tanaman bayam (Tabel 5) menunjukkan bahwa pada hari ke-9, tanaman bayam tertinggi terdapat pada kontrol (P0) dengan tinggi 76,83 cm, diikuti oleh P1 (1 ml *ecoenzyme* + 200 ml air) sebesar 74,68 cm. Sementara itu, perlakuan P2 (1 ml *ecoenzyme* + 400 ml air) menunjukkan pertumbuhan terendah, yaitu 39,75 cm. Meskipun perbedaan visual mulai terlihat sejak hari ke-6, perbedaan tinggi tanaman antar perlakuan belum signifikan secara statistik hingga hari ke-9. Pada hari ke-9, P0 dan P1 tidak berbeda nyata (huruf a), sementara P2 berbeda signifikan (huruf c), dan P3 berada di antara keduanya (huruf bc). Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan *ecoenzyme* berlebihan, seperti pada P2 (1 ml *ecoenzyme* + 400 ml air) dan P3 (1 ml *ecoenzyme* + 600 ml air)

dapat menekan pertumbuhan tanaman bayam hijau. Perlakuan P1 memberikan hasil setara secara statistik dengan kontrol dan merupakan konsentrasi optimal dibandingkan perlakuan lain. Pemberian pupuk organik cair (POC) dari limbah kulit jeruk dapat membuat struktur tanah menjadi lebih gembur, sehingga penyerapan unsur hara oleh tanaman menjadi lebih optimal. Ketersediaan unsur hara merupakan salah satu faktor lingkungan penting yang sangat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan tanaman. Selain itu, kandungan unsur hara yang relatif tinggi dalam POC limbah jeruk turut berkontribusi terhadap peningkatan tinggi tanaman, sehingga penggunaannya tidak memerlukan dosis yang besar (Agustin et al., 2019).

Berdasarkan diagram rata-rata tinggi tanaman bayam hijau (Gambar 3) dari hari ke-0 hingga ke-9, terlihat perbedaan pertumbuhan antar perlakuan *ecoenzyme* dengan berbagai konsentrasi. Kontrol (P0) menunjukkan tinggi tanaman tertinggi pada hari ke-9, yaitu 76,8 cm, diikuti oleh P1 (1 ml *ecoenzyme* + 200 ml air) dan P3 (1 ml *ecoenzyme* + 600 ml air). Perlakuan P2 (1 ml *ecoenzyme* + 400 ml air) memberikan pertumbuhan terendah. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi 1 ml *ecoenzyme* dengan 200 ml air (P1) paling efektif meningkatkan tinggi tanaman bayam dibandingkan konsentrasi lainnya. Tinggi tanaman sering digunakan sebagai indikator pertumbuhan dan parameter untuk menilai pengaruh lingkungan atau perlakuan terhadap tanaman. Tinggi tanaman sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti cahaya dan air. Tanaman yang kekurangan cahaya justru cenderung tumbuh lebih tinggi dibandingkan yang mendapat cahaya cukup. Pertumbuhan tanaman yang kurang optimal biasanya disebabkan

oleh kekurangan unsur nitrogen (N) di dalam tanah. Kandungan unsur hara makro dalam *ecoenzyme* seperti nitrogen dan fosfat berperan penting untuk pertumbuhan vegetatif tanaman (akar, batang dan daun), pembentukan klorofil serta penggantian sel yang rusak. Kekurangan nitrogen dan fosfat menyebabkan tanaman tumbuh kerdil dan pembentukan klorofil terhambat. Selain unsur hara makro, *ecoenzyme* kemungkinan mengandung zat pengatur tumbuh yaitu IAA yang berkontribusi terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman sebagaimana ditemukan dalam penelitian (Ritonga & Anhar, 2022) meskipun tidak terukur dalam penelitian ini. Namun, pemberian auksin dalam konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan panjang akar meskipun jumlah akar yang terbentuk meningkat, sesuai dengan peningkatan kadar auksin (Ritonga & Anhar, 2022).

Hasil Analisis ANOVA lebar daun bayam hijau dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5.Hasil Anova Lebar Daun Tanaman Bayam Hijau

Hari Pengamatan	Sum of Squares (Between)	Sum of Squares (Within)	df (Between)	df (Within)	Mean Square (Between)	Mean Square (Within)	F	Sig.
Hari Ke-0	1.792	2.167	3	20	.597	.108	5.513	.006
Hari Ke-3	2.333	3.000	3	20	.778	.150	5.185	.008
Hari Ke-6	2.125	3.500	3	20	.708	.175	4.048	.021
Hari Ke-9	2.167	3.667	3	20	.722	.183	3.939	.023

Berdasarkan hasil ANOVA pengamatan dilakukan pada beberapa interval waktu untuk melihat perkembangan lebar daun. Nilai signifikansi (Sig.) yang kurang dari 0,05 menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap lebar daun. Hasil analisis ini memberikan gambaran tentang efektivitas perlakuan dalam

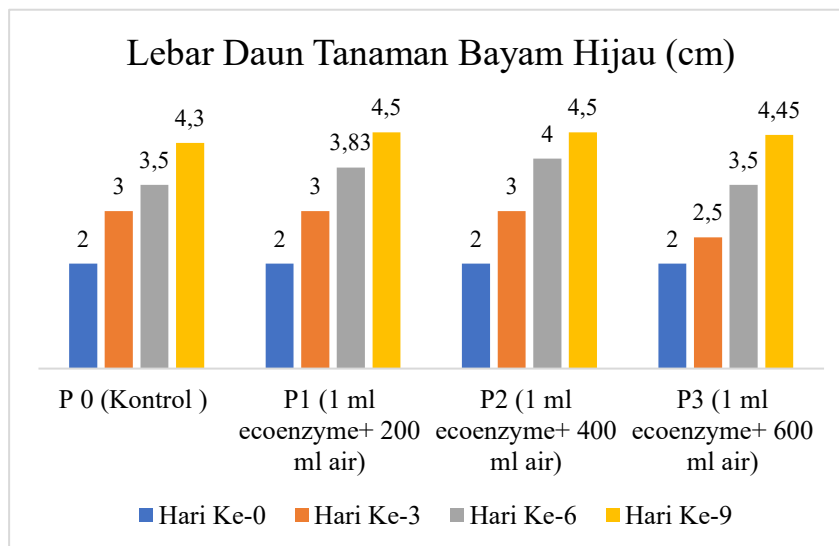
memengaruhi pertumbuhan daun tanaman bayam hijau.

Hasil analisis Uji *Least Significant Difference* (LSD) pada lebar daun tanaman bayam hijau dapat dilihat pada Tabel 6 yang merinci angka-angka berbeda pada uji taraf kepercayaan 5%.

Tabel 6. Hasil Uji *Least Significant Difference* (LSD) Lebar Daun Tanaman Bayam Hijau Taraf 5%

Perlakuan	Lebar Daun (cm)			
	Waktu			
	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-6	Hari Ke-9
P 0 (Kontrol)	2,16 ^a	3,33 ^a	4,33 ^a	5,5 ^a
P 1 (1 ml <i>ecoenzyme</i> + 200 ml air)	2,66 ^b	3,83 ^b	4,83 ^a	5,83 ^a
P 2 (1 ml <i>ecoenzyme</i> + 400 ml air)	2c	3c	5b	5b
P 3 (1 ml <i>ecoenzyme</i> + 600 ml air)	2c	3,1 ^c	4,3 ^b	5,3 ^b

Ket: Angka-angka yang didampingi dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji LSD taraf kepercayaan 5



Gambar 4. Diagram Rata-Rata Lebar Daun Tanaman Bayam Hijau

Berdasarkan hasil uji LSD taraf 5% (Tabel 6) menunjukkan lebar daun tanaman bayam pada hari kesembilan yang diberi perlakuan P1 (1 ml *ecoenzyme* + 200 ml air)

menunjukkan lebar daun tertinggi, rata-rata 5,83 cm. Sebaliknya, perlakuan P2 (1 ml *ecoenzyme* + 200 ml air) menghasilkan lebar daun terendah, yaitu 5 cm. Meskipun tidak

ada perbedaan lebar daun yang signifikan secara statistik di antara berbagai konsentrasi *ecoenzyme*, terlihat adanya peningkatan umum pada rata-rata lebar daun yang diukur. Namun, semua perlakuan *ecoenzyme* menunjukkan perbedaan yang nyata bila dibandingkan dengan kelompok kontrol (P0). Kurangnya perbedaan signifikan di antara konsentrasi *ecoenzyme* ini disebabkan oleh kurangnya unsur hara esensial, khususnya nitrogen (N). Nitrogen sangat penting untuk produksi klorofil, yang vital untuk fotosintesis dan pertumbuhan vegetatif secara keseluruhan (Ria et al., 2023).

Seiring waktu, faktor lingkungan seperti ketersediaan air,

cahaya, suhu, dan genetik tanaman dapat lebih dominan dalam menentukan lebar daun daripada perlakuan awal. Jika faktor-faktor ini seragam di semua kelompok, perbedaan akibat perlakuan awal mungkin tidak terlihat jelas. Selain itu, respons tanaman terhadap perlakuan bervariasi tergantung tahap perkembangannya. Lebar daun mungkin sangat sensitif pada fase vegetatif awal. Namun, kemudian menjadi kurang responsif karena energi dialihkan untuk pengembangan organ lain (Nurfadilah et al., 2023).

Hasil Analisis ANOVA lebar daun bayam hijau dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini

Tabel 7. Hasil Anova Jumlah Daun Tanaman Bayam Hijau

Hari Pengamatan	Sum of Squares (Between)	Sum of Squares (Within)	F	Sig.	df
Hari ke-0	1.792	2.167	5.513	0.006	3.20
Hari ke-3	2.333	3.000	5.185	0.008	3.20
Hari ke-6	2.125	3.500	4.048	0.021	3. 20
Hari ke-9	2.167	3.667	3.939	0.023	3.20

Analisi ANOVA membandingkan rata-rata jumlah daun tanaman bayam hijau antar perlakuan pada setiap waktu pengamatan. Jika nilai signifikansi (Sig.) kurang dari 0,05, maka terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan. Hasil uji ANOVA ini penting dalam menilai pengaruh perlakuan terhadap

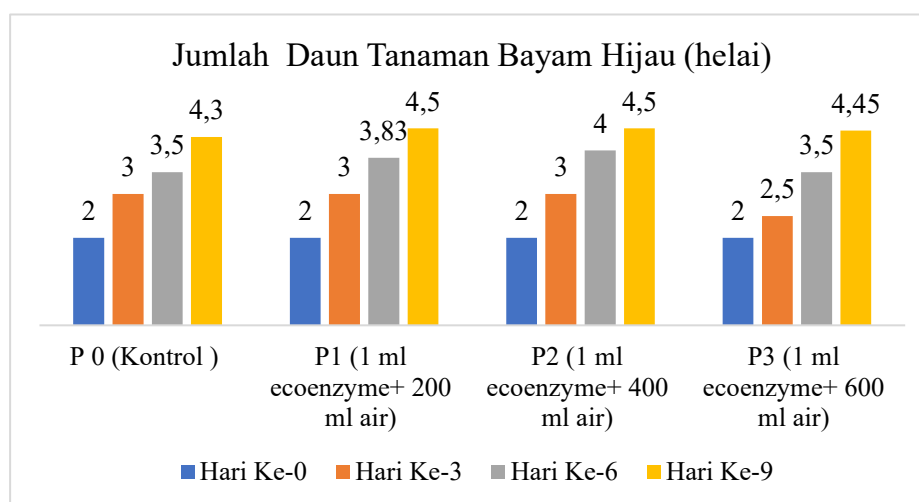
pertumbuhan jumlah daun tanaman bayam hijau.

Hasil analisis Uji *Least Significant Difference* (LSD) pada jumlah daun tanaman bayam hijau dapat dilihat pada Tabel 8 yang merinci angka-angka berbeda pada uji taraf kepercayaan 5%.

Tabel 8. Hasil *Uji Least Significant Difference (LSD)* Jumlah Daun Tanaman Bayam Hijau Taraf 5%

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)			
	Waktu			
	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-6	Hari Ke-9
P 0 (Kontrol)	2a	3a	3,5 ^a	4,3 ^a
P 1 (1 ml <i>ecoenzyme</i> + 200 ml air)	2a	3a	3,83 ^a	4,5 ^a
P 2 (1 ml <i>ecoenzyme</i> + 400 ml air)	2a	3a	4a	4,5 ^a
P 3 (1 ml <i>ecoenzyme</i> + 600 ml air)	2a	2,5 ^b	3,5 ^a	4,45 ^a

Ket: Angka-angka yang didampingi dengan huruf yang sama pada kolom yang sama berarti menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji LSD taraf kepercayaan 5%

**Gambar 5.** Pengamatan Jumlah Daun Tanaman Bayam Hijau**Gambar 6.** Diagram Rata-Rata Jumlah Daun Tanaman Bayam Hijau

Berdasarkan hasil uji LSD pada Tabel 8, jumlah daun bayam hijau pada hari ke-9 menunjukkan bahwa semua perlakuan (P0-P3) memiliki notasi huruf yang sama ("a"), yang menunjukkan tidak

ada perbedaan yang signifikan secara statistik pada taraf 5%. Meskipun jumlah daun meningkat pada perlakuan *ecoenzyme*, terutama pada P1 dan P2, yang keduanya mencapai rata-rata 4,5

daun, namun perlakuan ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik dalam peningkatan jumlah daun dibandingkan dengan kontrol.

Pemberian *ecoenzyme* dengan berbagai konsentrasi menunjukkan efek yang bervariasi pada jumlah daun tanaman bayam hijau, namun sebagian besar tidak signifikan secara statistik. Perbedaan nyata hanya terlihat pada hari ke-3 setelah perlakuan, di mana perlakuan P3 (1 ml *ecoenzyme* + 600 ml air) menghasilkan jumlah daun terendah dibandingkan perlakuan lain. Setelah hari ke-3, perbedaan antar perlakuan cenderung tidak signifikan, dengan rata-rata jumlah daun berkisar antara 4,3 hingga 4,5 helai pada hari ke-9. Hal ini menunjukkan bahwa efek *ecoenzyme* pada jumlah daun mungkin hanya signifikan di fase awal pertumbuhan. Perlakuan P2 (1 ml *ecoenzyme* + 400 ml air) menghasilkan jumlah daun tertinggi pada hari ke-9, rata-rata 5 helai, meskipun tidak berbeda jauh dari perlakuan lainnya. Peningkatan jumlah daun ini terkait dengan keberadaan nitrogen dalam *ecoenzyme*, yang berperan dalam pembentukan klorofil dan fotosintesis. Meskipun demikian, kandungan nitrogen dalam *ecoenzyme* relatif terbatas dibandingkan kalium yang lebih dominan. Tidak adanya perbedaan signifikan pada jumlah daun secara keseluruhan kemungkinan disebabkan oleh penyerapan nitrogen yang tidak jauh berbeda antar perlakuan, atau kemampuan tanaman yang serupa dalam menyerap unsur hara dari tanah. Nitrogen sangat penting sebagai penyusun asam amino,

klorofil, serta hormon pertumbuhan seperti auksin dan sitokinin, yang semuanya krusial untuk pertumbuhan daun dan pucuk. Proses pertumbuhan dan perkembangan daun didorong oleh pembentukan, pembelahan, dan pemanjangan sel yang dirangsang oleh senyawa seperti protein dan karbohidrat. Nitrogen, sebagai komponen proteinogenik, mendukung pembentukan klorofil yang mempercepat fotosintesis dan pertumbuhan daun (Nurfadilah et al., 2023).

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian *ecoenzyme* dari limbah kulit jeruk dengan berbagai konsentrasi berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif bayam hijau (*Amaranthus hybridus*), terutama pada tinggi tanaman, lebar daun, dan jumlah daun dibandingkan kontrol. Perlakuan P1 (1 ml *ecoenzyme* + 200 ml air) cenderung meningkatkan tinggi dan lebar daun, sedangkan P1 dan P2 (1 ml *ecoenzyme* + 400 ml air) cenderung meningkatkan jumlah daun. Namun, uji statistik LSD 5% menunjukkan perbedaannya tidak signifikan sehingga belum valid untuk dijelaskan secara ilmiah karena kandungan zat pengatur tumbuh dan pH media tidak diukur. *Ecoenzyme* limbah kulit jeruk berpotensi sebagai pupuk organik cair dalam mendukung pertanian yang berkelanjutan, tetapi masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menguji efektivitasnya secara mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, S., Notarianto, & Wahyuningrum, M. A. (2019). Pengaruh Konsentrasi POC Limbah Kulit Jeruk Peras terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi Hijau (*brassica juncia* L.). *Jurnal Ilmiah Respati*, 10(2), 1411–7126.<http://ejournal.urindo.ac.id/index.php/pertanian>
- Arif, S., Migusnawati, & Sari, W. (2023). Effectiveness Of Giving Eco Enzyme To increase The Results Of Onion Plant (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Liefdeagro*, 1(2), 61–

069.
<https://doi.org/10.24036/liefde.v1i2.12research>
- Eltiya, Y., Nirwana, N., Parlindungan, D., Uliyandari, M., & Sutarno, M. (2023). Penggunaan Ekoenzim pada Tingkat Pertumbuhan Bayam Cabut (*Amaranthus viridis*). *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(2), 937. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i2.8664>
- Illahi, A. K., Kurniasih, D., Andam Sari, D., & Karmaita, Y. (2023). Analisis Kualitas Eco Enzym Dari Berbagai Bahan Dasar Kulit Buah Untuk Pertanian Berkelanjutan. *Agrisaintifika, Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 7, 75–81.
- Istanti, A., Indraloka, A. B., & 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. <https://doi.org/10.25047/agripri.v7i1.503>
- Manalu, R. S., Tamba, L. O., Lubis, D., Barus, E., Serika, E., Pasaribu, A., Simbolon, K., Napitupulu, K., Sianipar, M. D., Lubis, N. A., Purba, R., Tasia, S., Marselinus, Y., Theresia, R., Aprillia, K., & Elfayetti. (2024). Pemanfaatan Eco Enzyme dari Bahan Sayuran dan Buah Buahan Sebagai Bahan Pupuk Organik. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Ilmu Pertanian*, 2(2), 46–55. <https://doi.org/10.59581/jtpip-widyakarya.v2i2.3627>
- Meitiniarti, V. I., Kasmiyati, S., Ezra, Nugroho, R. A., & Krave, A. S. (2025). Identification and Production Of Indole-3-Acetic Acid By Bacteria Isolated From Eco-Enzymes. *Biodiversitas*, 26(1), 111–117. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d260112>
- Nurfadilah, F., Koosbandiah Surtikanti, H., & Nilawati, T. S. (2023). Pertumbuhan tanaman bayam horenzo (*Spinacia orelacea* L.) dengan pemberian nutrisi menggunakan ekoenzim. *Journal of Tropical Agriculture Sciences HJTAS*, 1(2). <https://doi.org/10.61511/hjtas.v1i2>
- Nururrahmani, A., Hibatulloh, M. R., Nabila, R. A., Kusnadi, & Djuarsa, P. (2023). Ekoenzim dari Berbagai Jenis Kulit Jeruk. *Jurnal Higiene*, 9, 31–35.
- Permatananda, P. A. N. K., & Pandit, I. G. S. (2023). Characteristic of Orange Peel Waste-Based on Eco Enzyme at Different Fermentation Duration. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6), 4289–4293. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.3527>
- Ria, R. E., Komariah, A., Iryadi, I., & Author, C. (2023). Pengaruh Dosis Eco Enzyme Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Bayam (*Amaranthus Hybridus* L.) Varietas Giti Hijau. *Jurnal Greenation Pertanian Dan Perkebunan*, 4, 196–201. <https://doi.org/10.38035/jgpp.v1i4>
- Ritonga, I. R., & Anhar, A. (2022). The Effect of Eco enzyme Application method on the Growth of Land Kangkung (*Ipomea reptans* Poir.) Pengaruh Metode Aplikasi Eco Enzym Terhadap Pertumbuhan Lahan Kangkung (*Ipomea reptans* Poir.). *Jurnal Serambi Biologi*, 7(3).

Rochyani, N., Utpalasari, R. L., & Dahliana, I. (2020). Analisis Hasil Konversi Eco Enzyme Menggunakan Nenas (*Ananas comosus*) dan Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Redoks*, 5(2), 135–140.

Yuliana, S., & Handayani, D. (2022). Ecoenzyme Dregs with Organic Sources of Various Types of Orange Peel. *Jurnal Serambi Biologi*, 7(1), 120–126.