



Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam (*Amaranthus tricolor* L) terhadap Aplikasi Ecoenzyme Berbahan Dasar Limbah Agroindustri Lokal Banyuwangi

Ari Istanti^{1*}, Aldy Bahaduri Indraloka², Sari Wiji Utami³, Riska Ardianti⁴, Selvi Nur Dinah⁵,
Veronica Nafa Urridha⁶

ari.istanti@poliwangi.ac.id¹, aldy.bahaduriindraloka@poliwangi.ac.id², sariwijiutami@poliwangi.ac.id³,
riskaa.ardiantii@gmail.com⁴, selvinurdina03@gmail.com⁵, urridha29@gmail.com⁶

^{1,2,3,4,5,6}Politeknik Negeri Banyuwangi, Indonesia

*Korespondensi: ✉ ari.istanti@poliwangi.ac.id

Abstract

Ecoenzyme is a fermented solution of organic waste from fruits and vegetables that has the potential to increase plant growth and support sustainable agriculture. This study aims to evaluate the effect of Ecoenzyme formulations made from different organic waste on the growth of spinach plants. The study was designed as a pot experiment using a RAL design consisting of four treatments with 3 replications, namely P1 (green vegetables + mangosteen), P2 (green vegetables + orange), P3 (green vegetables + dragon fruit), and P4 (green vegetables/positive control). The growth parameters observed included plant height, number of leaves, fresh weight, and total chlorophyll content. The results showed that the best application of ecoenzyme significantly affected plant height in P2 and P3 (30.56 cm and 29.19 cm), fresh weight in P2, P3, and P4 (30.8 g; 37.4 g; 31.16 g respectively), chlorophyll P1 (27.45 mg.g⁻¹). The number of spinach leaves did not show significant differences between treatments. In general, treatments P2 and P3 yielded better results than the other treatments due to their more efficient utilization of nutrients and photosynthesis. The results of this study indicate that ecoenzymes made from a combination of vegetable and fruit waste have the potential to be used as an alternative liquid organic fertilizer to support spinach cultivation.

Status Artikel:

Disubmit : 01-05-2026

Direvisi : 12-05-2026

Diterima : 29-05-2026

Kata Kunci:

Amaranthus tricolor L.;

ecoenzyme;

efisiensi;

fermentasi;

limbah agroindustri



© 2026 Ari Istanti, Aldy Bahaduri Indraloka, Sari Wiji Utami, Riska Ardianti, Selvi Nur Dinah, dan Veronica Nafa Urridha

This work is licensed under a

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Limbah organik merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya aktivitas domestik, pertanian, dan industri pangan. Sebagian besar limbah organik berasal dari sisa sayuran, buah-buahan, serta bahan pangan rumah tangga yang memiliki kandungan bahan organik tinggi dan mudah mengalami dekomposisi. Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah organik dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air, peningkatan emisi gas rumah kaca, serta gangguan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan limbah

organik yang tidak hanya mampu mengurangi volume limbah, tetapi juga menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah dan manfaat ekonomi maupun ekologis (Arun & Sivashanmugam, 2015; Tang & Tong, 2011)

Salah satu upaya penanganan limbah organik pertanian adalah melalui pengolahan menjadi ecoenzyme. Proses fermentasi ecoenzyme melibatkan aktivitas mikroorganisme yang mampu mendegradasi bahan organik kompleks dari limbah buah dan sayuran menjadi senyawa sederhana seperti asam organik, enzim, dan unsur hara tersedia. Limbah sayuran hijau diketahui mengandung unsur hara makro penting seperti nitrogen, fosfor, kalium, magnesium, dan kalsium yang berperan dalam metabolisme mikroba, aktivitas enzimatik, dan pertumbuhan tanaman sehingga potensial untuk dimanfaatkan menjadi bahan baku pupuk organik cair maupun produk fermentasi organik (Lim et al., 2016). Sedangkan limbah buah-buahan seperti manggis, jeruk, dan buah naga diketahui mengandung vitamin, mineral, senyawa fenolik, dan antioksidan yang berpotensi meningkatkan kualitas produk fermentasi (Rasit, Hwe Fern, et al., 2019). Limbah ini banyak dihasilkan di Banyuwangi (Badan Pusat Statistik, 2021), dan merupakan komoditas kearifan lokal setempat.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa ecoenzyme memiliki potensi sebagai pupuk organik cair, biostimulan, serta agen pengurai limbah yang ramah lingkungan karena mengandung metabolit hasil fermentasi berupa asam organik, enzim, dan mikroorganisme yang mampu meningkatkan aktivitas biologis tanah dan pertumbuhan tanaman (Kurnia Illahi et al., 2023; Rasit, Fern, et al., 2019). Aplikasi ecoenzyme juga diketahui dapat memperbaiki aktivitas mikroorganisme tanah dan meningkatkan ketersediaan unsur hara sehingga mendukung peningkatan kesuburan tanah secara berkelanjutan (Setiawati et al., 2023). Aplikasi ecoenzyme dapat memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman hortikultura. Penggunaan ecoenzyme sebagai pupuk organik cair dilaporkan mampu meningkatkan jumlah daun, pertumbuhan vegetatif, panjang akar, kandungan klorofil, dan hasil tanaman pada berbagai komoditas hortikultura seperti bawang merah, pakcoy, dan kale (Gustia et al., 2025; Novianto, 2022; Sinaga et al., 2023). Penelitian lain juga melaporkan bahwa ecoenzyme mampu meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara dan aktivitas fisiologis tanaman pada sistem budidaya hidroponik maupun konvensional (Listiana et al., 2024; Meisy Evis Putri et al., 2023). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa kombinasi limbah sayur dan buah dalam pembuatan ecoenzyme menghasilkan kandungan nutrisi yang berbeda-beda. Kombinasi limbah sayur hijau dan kulit jeruk dilaporkan menghasilkan kandungan unsur hara terbaik dibandingkan kombinasi bahan lainnya sehingga berpotensi digunakan sebagai pupuk organik cair untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Istanti et al., 2023).

Meskipun penelitian mengenai aplikasi ecoenzyme telah banyak dilakukan, informasi mengenai efektivitas ecoenzyme berbahan kombinasi limbah sayuran dan buah tertentu terhadap pertumbuhan tanaman bayam cabut (*Amaranthus tricolor L*) masih terbatas. Tanaman bayam merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak dikonsumsi masyarakat karena memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dan waktu panen yang relatif singkat. Pertumbuhan tanaman bayam sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, khususnya nitrogen yang berperan dalam pembentukan daun dan klorofil yang dapat mempengaruhi proses fotosintesis tanaman dan berakibat pada pertumbuhan dan hasil tanaman bayam. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pupuk organik yang ramah lingkungan dan mampu mendukung pertumbuhan vegetatif dan hasil tanaman secara optimal.

Selain itu, perbedaan karakteristik bahan baku fermentasi diduga menghasilkan kandungan metabolit dan nutrisi yang berbeda sehingga dapat memberikan respons pertumbuhan tanaman yang berbeda pula. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh aplikasi ecoenzyme berbahan limbah sayuran dan buah yang berbeda terhadap karakter pertumbuhan dan hasil tanaman bayam.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di dalam green house menggunakan percobaan dalam polibag ukuran 25x30 cm, pada bulan Maret-April. Penelitian menggunakan desain Rancangan Acak Lengkap tunggal yaitu komposisi bahan dengan 4 perlakuan : limbah sayur+kulit manggis (P1), limbah sayur+kulit jeruk (P2), limbah sayur+kulit buah naga (P3), limbah sayur (kontrol positif) (P4). Percobaan menggunakan 3x pengulangan, total unit percobaan berjumlah 12. Data hasil analisis diolah menggunakan ANOVA dan uji beda dikukan dengan uji BNJ 5%.

Karakteristik ecoenzyme yang dihasilkan dari komposisi bahan tersebut telah didapatkan dan mempunyai kandungan sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil analisis kandungan dasar pada beberapa perlakuan ecoenzyme

| No | Parameter | Perlakuan | | | |
|----|---------------|-----------|---------|--------|---------|
| | | P1 | P2 | P3 | P4 |
| 1 | C-organik (%) | 13,77d | 20,40b | 16,2c | 22,57a |
| 2 | N (%) | 1,3b | 8,05a | 0,26c | 8,02a |
| 3 | P (%) | 2,287c | 2,353ab | 2,395a | 2,317bc |
| 4 | K (%) | 0,922ab | 0,920bc | 0,928a | 0,915c |

Sumber : Istanti et al., 2023

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu wadah ember plastik 5 liter, ph meter, saringan, botol plastik, timbangan digital, corong, dan polibag. Bahan yang digunakan meliputi limbah kulit buah naga, kulit manggis, kulit jeruk siam, limbah sayur yang diambil dari komoditas lokal, molase, air bersih, dan benih bayam.

Prosedur Percobaan

1. Preparasi dan fermentasi ecoenzyme

Limbah buah dan sayuran dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil untuk mempercepat proses dekomposisi selama fermentasi. Pembuatan ecoenzyme menggunakan perbandingan bahan sebesar 1:3:10 antara gula, bahan organik segar, dan air, dengan volume air maksimum sebesar 60% dari kapasitas wadah atau setara dengan 3 L. Selanjutnya, bahan dimasukkan ke dalam wadah fermentasi secara berurutan, dimulai dari air, molase, serta potongan limbah buah dan sayuran, kemudian dihomogenkan dengan cara diaduk secara merata. Wadah fermentasi ditutup rapat dan diberi label yang memuat tanggal pembuatan serta tanggal panen. Selama minggu pertama fermentasi, tutup wadah dibuka secara berkala untuk mengeluarkan gas hasil fermentasi. Pengadukan dilakukan pada hari ke-7 dan hari ke-30 untuk menjaga homogenitas bahan dan mendukung aktivitas fermentasi secara optimal. Tempatkan wadah di tempat yang tidak terkena matahari langsung dan memiliki sirkulasi udara yang baik serta bahan kimia lainnya.

2. Pemanenan

Setelah 90 hari, ecoenzyme dipanen dengan cara disaring dan disimpan di botol plastik tertutup.

3. Penanaman bayam

Benih bayam disemaikan di dalam polibag dengan media top soil hingga tumbuh dan dijaga kelembabannya dengan penyiraman yang sesuai. Setelah 1 minggu, dilakukan penjarangan menyisakan 2 tanaman per polibag.

4. Aplikasi ecoenzyme

Ecoenzyme dilarutkan dalam air dengan perbandingan 10 ml dalam 1 liter air. Penyiraman dilakukan sesuai dengan kebutuhan tanaman di lapang berdasarkan kondisi media tanam hingga kapasitas lapang, dilaksanakan sesudah penjarangan hingga panen. Selama penanaman, tanaman dijaga dari hama dan penyakit.

Parameter Penelitian

1. Klorofil (mg.g^{-1} , Wintermans and De Mots)

Sampel diambil 15 HST. Ekstrak daun $40 \mu\text{l}$ ditambah ethanol 96% $960 \mu\text{l}$. Larutan disentrifugasi 1 menit, supernatan diambil dan diukur dengan spektrofotometer, panjang gelombang 649 nm dan 665 nm lalu dihitung.

2. Tinggi tanaman (cm)

Pengukuran dilakukan tiap minggu hingga tanaman siap panen.

3. Jumlah daun

Dihitung sesudah panen untuk tiap perlakuan.

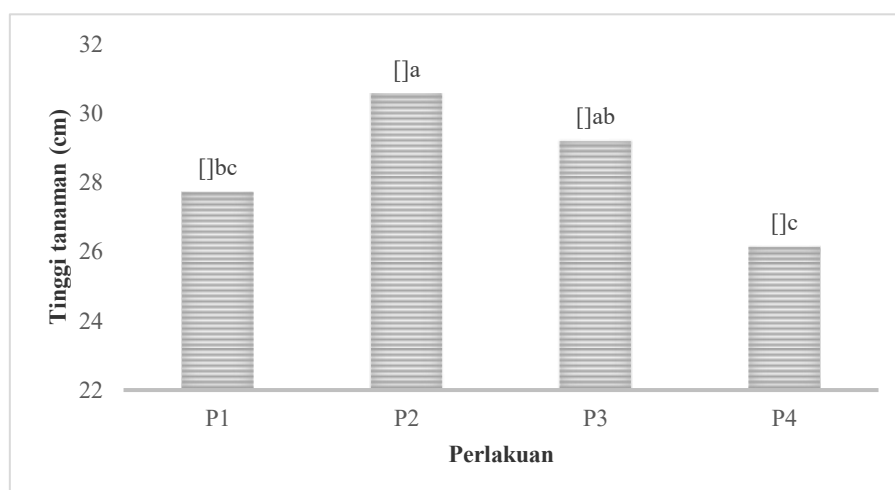
4. Berat basah (gr)

Diukur dengan menimbang seluruh bagian tanaman segera setelah panen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon Pertumbuhan terhadap Aplikasi Ecoenzyme

Tinggi Tanaman

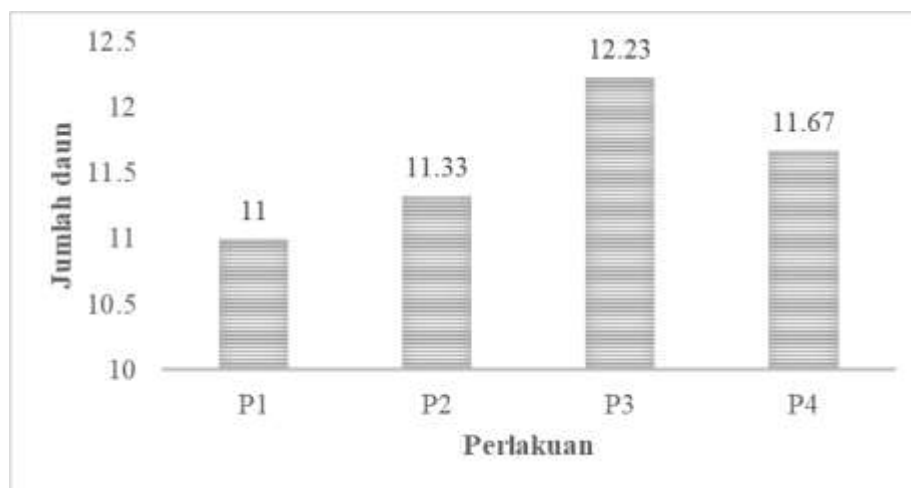


Keterangan : Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan beda nyata terkecil pada uji BNT 5%

Gambar 1. Respon tinggi tanaman bayam terhadap aplikasi ecoenzyme

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan Ecoenzyme berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman bayam. Temuan ini selaras dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa Ecoenzyme mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman melalui peningkatan aktivitas mikroba dan ketersediaan unsur hara (Novianto, 2022; Sinaga et al., 2023). Ecoenzyme mengandung nutrisi yang dibutuhkan tanaman (Istanti et al., 2023) dan dapat berperan seperti pupuk organik cair, sehingga mampu meningkatkan tinggi tanaman sebagaimana aplikasi POC pada tanaman sayuran (Paramudita et al., 2025) dan mendukung karakter pertumbuhan tanaman (Suri, 2025). Perlakuan P2 dan P3 menghasilkan tinggi tanaman tertinggi sebesar 30,56 cm dan 29,19 cm. Selain kandungan nitrogen, tingginya pertumbuhan tanaman pada perlakuan P2 dan P3 juga dapat dipengaruhi oleh senyawa bioaktif hasil fermentasi, aktivitas mikroba, keseimbangan unsur hara, serta efisiensi metabolisme tanaman. Ecoenzyme mengandung berbagai metabolit hasil fermentasi seperti asam organik, enzim, alkohol, vitamin, dan mikroorganisme yang berpotensi bertindak sebagai biostimulan alami. Senyawa-senyawa tersebut mampu meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman dan efisiensi penyerapan unsur hara sehingga tanaman tetap dapat tumbuh optimal meskipun kandungan nitrogen relatif rendah (Rasit et al., 2019). Akibatnya, nitrogen dalam jumlah kecil dapat dimanfaatkan lebih efisien dibandingkan pupuk dengan kandungan N tinggi tetapi efisiensi serapnya rendah. Penelitian terbaru juga mengungkapkan hal serupa bahwa peningkatan efisiensi penggunaan nitrogen dapat meningkatkan aktivitas fotosintesis dan pertumbuhan tanaman meskipun input nitrogen tidak terlalu tinggi, karena tanaman mampu memanfaatkan nitrogen secara lebih efektif untuk pertumbuhan vegetatif dan pembentukan biomassa (Javed et al., 2022). Hal ini mendasari penyebab tingginya tanaman P3 meskipun nilai N lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya yang diduga disebabkan oleh efisiensi penggunaan nitrogen yang lebih tinggi serta karakter lain dari limbah jeruk yang digunakan sehingga mampu mendukung aktivitas pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, klorofil dan biomassa secara keseluruhan.

Jumlah Daun

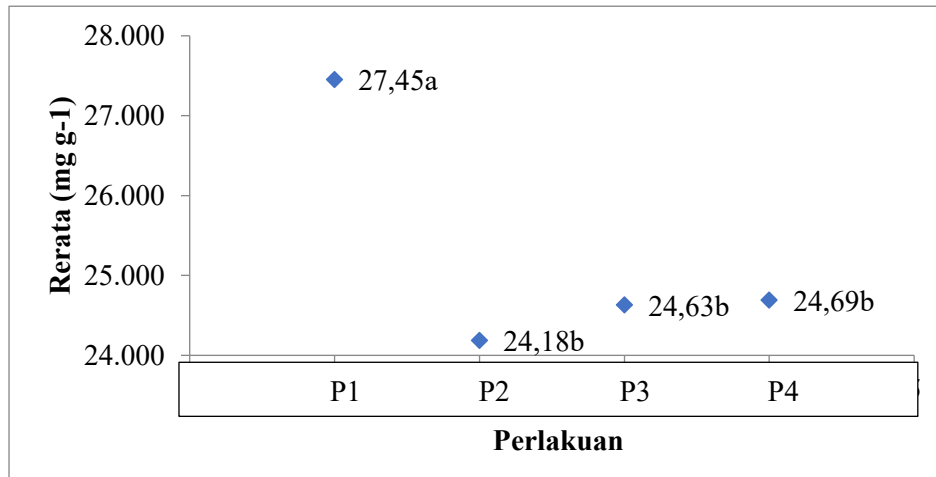


Gambar 2. Respon jumlah daun terhadap aplikasi ecoenzyme

Jumlah daun tanaman bayam tidak menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan. Hasil serupa menyatakan bahwa beberapa perlakuan budidaya menghasilkan jumlah daun bayam yang tidak berbeda nyata pada fase pertumbuhan tertentu (Mubarok et al., 2021). Hal ini

mengindikasikan bahwa seluruh perlakuan ecoenzyme masih mampu mendukung pembentukan daun secara relatif seragam. Meskipun demikian, perlakuan P3 menunjukkan kecenderungan mempunyai jumlah daun lebih tinggi dibanding perlakuan lain.

Klorofil



Keterangan : Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan beda nyata terkecil pada uji BNJ 5%

Gambar 3. Respon kandungan klorofil terhadap aplikasi ecoenzyme

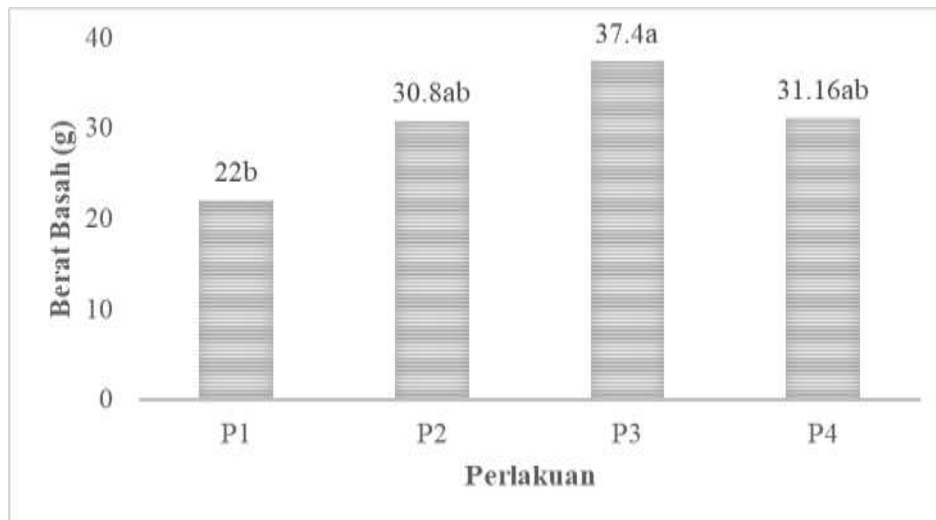
Kandungan klorofil total tertinggi diperoleh pada perlakuan P1 sebesar 27,45 mg g⁻¹ dan berbeda nyata terhadap semua perlakuan, sementara perlakuan P2, P3, dan P4 memiliki nilai perbedaan yang setara. Tingginya kandungan klorofil menunjukkan bahwa aplikasi ecoenzyme mampu mendukung pembentukan pigmen fotosintesis dan meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman melalui peningkatan ketersediaan unsur hara hasil fermentasi bahan organik (Nurfadilah et al., 2024; Sinaga et al., 2023). Jika dihubungkan dengan parameter pertumbuhan lain di atas, peningkatan klorofil tidak diikuti dengan peningkatan parameter pertumbuhan lainnya. Pada perlakuan tanaman P2, P3, dan P4 justru cenderung memberikan hasil pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan P1. Hal ini diduga karena pola yang sama seperti pada parameter tinggi, dimana perlakuan P1 tidak mampu memberikan efisiensi dari hasil fotosintesisnya untuk digunakan dalam pertumbuhan tinggi dan pembentukan daun secara maksimal.

Respon Hasil terhadap Aplikasi Ecoenzyme

Berat Basah

Perlakuan P2, P3, dan P4 menunjukkan hasil terbaik dan menghasilkan berat basah tertinggi dengan rentang nilai 30,8 - 37,40 gram. Sementara perlakuan P1 menghasilkan berat basah terendah (22 g) dan berbeda nyata dengan perlakuan P3, akan tetapi berbeda tidak nyata dengan P2 dan P4. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan nutrisi dan metabolit hasil fermentasi pada ecoenzyme berbahan limbah buah dan sayur pada perlakuan P2, P3, dan P4 tersebut berpotensi meningkatkan akumulasi biomassa tanaman melalui peningkatan ketersediaan unsur hara dan aktivitas fisiologis tanaman (Nurfadilah et al., 2024; Sinaga et al., 2023). Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi ecoenzyme berbahan limbah sayur+kulit jeruk (P2), limbah sayur+kulit buah naga (P3), dan limbah sayur (kontrol) (P4) diduga mempunyai efisiensi penggunaan nitrogen yang baik sehingga mampu meningkatkan akumulasi biomassa

tanaman.



Keterangan : Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan beda nyata terkecil pada uji BNJ 5%

Gambar 4. Respon berat basah terhadap aplikasi ecoenzyme

Tingginya kandungan klorofil tetapi diikuti oleh rendahnya tinggi tanaman dan berat basah pada tanaman bayam menunjukkan bahwa peningkatan pigmen fotosintesis tidak selalu diikuti oleh peningkatan akumulasi biomassa tanaman. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui aspek fisiologi tanaman, terutama terkait keseimbangan metabolisme karbon–nitrogen, efisiensi fotosintesis, translokasi fotosintat, serta kandungan nutrisi pada ecoenzyme yang digunakan.

Klorofil merupakan pigmen utama dalam fotosintesis yang berfungsi menyerap energi cahaya untuk pembentukan senyawa organik. Kandungan klorofil sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nitrogen karena nitrogen merupakan komponen utama penyusun molekul klorofil dan protein fotosintetik. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan nitrogen daun mampu meningkatkan kandungan klorofil dan aktivitas fotosistem tanaman sehingga daun tampak lebih hijau dan aktif secara fisiologis (Croft et al., 2017; Evans, 1989), tetapi tidak selalu meningkatkan biomassa tanaman apabila karbon hasil fotosintesis lebih banyak digunakan untuk metabolisme dibanding pembentukan jaringan struktural (Evans, 1989). Hal ini dijelaskan lebih lanjut bahwa fotosintesis tidak hanya ditentukan oleh jumlah klorofil, tetapi juga dipengaruhi oleh kemampuan tanaman dalam mentranslokasikan hasil fotosintesis menjadi biomassa. Pada kondisi tertentu, hasil fotosintesis lebih banyak digunakan untuk respirasi, sintesis protein, dan aktivitas metabolisme dibandingkan pembentukan jaringan tanaman (Croft et al., 2017; Huaranca Reyes et al., 2018) sehingga distribusi hasil fotosintesis tidak selalu diarahkan pada pembentukan biomassa secara optimal (Huaranca Reyes et al., 2018). Hal ini diduga dapat menyebabkan peningkatan sintesis klorofil dan protein tanpa diikuti akumulasi biomassa secara optimal. Berat basah dipengaruhi oleh pembelahan sel, pembesaran sel, kandungan air jaringan, serta akumulasi fotosintat dalam bentuk karbohidrat struktural maupun nonstruktural. Meskipun kandungan klorofil tinggi, biomassa tanaman dapat tetap rendah apabila hasil fotosintesis tidak ditranslokasikan secara efektif menuju jaringan pertumbuhan (Croft et al., 2017). Kondisi ini menyebabkan tanaman memiliki warna daun hijau pekat, tetapi pertumbuhan tinggi tanaman dan pembentukan biomassa relatif rendah seperti yang terdapat pada perlakuan P1.

Dalam konteks aplikasi ecoenzyme, kandungan nutrisi hasil fermentasi juga sangat menentukan respons fisiologis tanaman. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ecoenzyme berbahan limbah sayur dan buah mempunyai kandungan C-organik dan unsur hara yang berbeda antar perlakuan (Istanti et al., 2023). Umumnya, kandungan nitrogen yang tinggi diduga lebih dominan meningkatkan pembentukan klorofil dan aktivitas metabolisme tanaman, dimana nitrogen diketahui merupakan komponen utama penyusun klorofil, asam amino, enzim, dan protein yang berperan penting dalam aktivitas fotosintesis tanaman (Anas et al., 2020), akan tetapi, dalam penelitian ini, ecoenzyme komposisi limbah sayur dan kulit manggis dengan kandungan N lebih rendah daripada P2 (1,3%) mempunyai kandungan klorofil lebih tinggi. Hal ini diduga karena kulit manggis mengandung xanthone, flavonoid, antosianin, dan polifenol yang memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat. Senyawa tersebut mampu melindungi kloroplas dari stres oksidatif dan memperlambat degradasi klorofil sehingga kandungan klorofil daun menjadi lebih tinggi (Gutierrez-Orozco & Failla, 2013; Jung et al., 2006).

Dengan demikian, tingginya kandungan klorofil pada tanaman bayam (P1) dapat dijelaskan sebagai respons terhadap karakteristik senyawa antioksidan dari komposisi bahan ecoenzyme, namun respon tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa mengarah pada efisiensi penggunaan nutrisi dan efisiensi translokasi fotosintat. Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa ecoenzyme berbahan kombinasi limbah sayuran dan buah memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman bayam. Perlakuan P2 dan P3 merupakan perlakuan terbaik dari perlakuan yang diamati karena memberikan hasil yang paling maksimal untuk pertumbuhan dan hasil tanaman bayam.

SIMPULAN

Kesimpulan dari hasil dan pembahasan diatas sebagai berikut :

1. Aplikasi ecoenzyme berbahan limbah organik berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi, klorofil, dan biomassa tanaman bayam, sedangkan jumlah daun berbeda tidak nyata. Perlakuan P2 dan P3 menghasilkan tinggi tanaman tertinggi yang setara secara statistik (30,56 cm dan 29,19 cm) biomassa tertinggi setara P4 (30,8 g; 37,4 g; 31,16 g secara berurutan), sedangkan perlakuan P1 memberi kandungan klorofil tertinggi (27,45 mg.g⁻¹).
2. Perlakuan P2 dan P3 secara umum memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan lain karena mampu menggunakan nutrisi dan hasil fotosintesis dengan lebih efisien.
3. Ecoenzyme berbahan kombinasi limbah sayuran dan buah berpotensi digunakan sebagai alternatif pupuk organik cair yang ramah lingkungan untuk budidaya tanaman bayam.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi aplikasi ecoenzyme terhadap produktivitas tanaman serta kandungan unsur hara tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, M., Liao, F., Verma, K. K., Sarwar, M. A., Mahmood, A., Chen, Z. L., Li, Q., Zeng, X. P., Liu, Y., & Li, Y. R. (2020). Fate of nitrogen in agriculture and environment: agronomic, eco-physiological and molecular approaches to improve nitrogen use efficiency. *Biological Research* 2020 53:1, 53(1), 47-. <https://doi.org/10.1186/S40659-020-00312-4>

- Arun, C., & Sivashanmugam, P. (2015). Solubilization of waste activated sludge using a garbage enzyme produced from different pre-consumer organic waste. *RSC Advances*, 5(63), 51421–51427. <https://doi.org/10.1039/C5RA07959D>
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Kabupaten Banyuwangi Dalam Angka 2021*. <https://banyuwangikab.bps.go.id/publication/2021/02/26/92c9d6985269031f62f278b4/kabupa%0Aten-banyuwangi-dalam-angka-2021.html>
- Croft, H., Chen, J. M., Luo, X., Bartlett, P., Chen, B., & Staebler, R. M. (2017). Leaf chlorophyll content as a proxy for leaf photosynthetic capacity. *Global Change Biology*, 23(9), 3513–3524. <https://doi.org/10.1111/GCB.13599>; JOURNAL: JOURNAL:13652486; WGROU: STRING: PUBLICATION
- Evans, J. R. (1989). Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. *Oecologia*, 78(1), 9–19. <https://doi.org/10.1007/BF00377192>/METRICS
- Gustia, H., Wulandari, Y. A., Rosdiana, & Putri, D. (2025). Optimizing Eco-enzyme Dosage on Kale (*Brassica oleracea*) Growth and Production. *JURNAL AGRONOMI TANAMAN TROPIKA (JUATIKA)*, 7(1), 164-169–164 – 169. <https://doi.org/10.36378/JUATIKA.V7I1.3985>
- Gutierrez-Orozco, F., & Failla, M. L. (2013). Biological Activities and Bioavailability of Mangosteen Xanthenes: A Critical Review of the Current Evidence. *Nutrients 2013, Vol. 5, Pages 3163-3183*, 5(8), 3163–3183. <https://doi.org/10.3390/NU5083163>
- Huaranca Reyes, T., Scartazza, A., Pompeiano, A., Ciurli, A., Lu, Y., Guglielminetti, L., & Yamaguchi, J. (2018). Nitrate Reductase Modulation in Response to Changes in C/N Balance and Nitrogen Source in Arabidopsis. *Plant and Cell Physiology*, 59(6), 1248–1254. <https://doi.org/10.1093/PCP/PCY065>
- 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*. 7 (1) : 79-85.
- Javed, T., Indu, I., Singhal, R. K., Shabbir, R., Shah, A. N., Kumar, P., Jinger, D., Dharmappa, P. M., Shad, M. A., Saha, D., Anuragi, H., Adamski, R., & Siuta, D. (2022). Recent Advances in Agronomic and Physio-Molecular Approaches for Improving Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. *Frontiers in Plant Science*, 13, 877544. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2022.877544/FULL>
- Jung, H. A., Su, B. N., Keller, W. J., Mehta, R. G., & Kinghorn, A. D. (2006). Antioxidant Xanthenes from the Pericarp of *Garcinia mangostana* (Mangosteen). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(6), 2077–2082. <https://doi.org/10.1021/JF052649Z>
- Kurnia Illahi, A., Kurniasih, D., Andam Sari, D., Karmaita, Y., Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, P., Budi Daya Tanaman, J., Pertanian Negeri Payakumbuh Jl Raya Negara, P. K., & Pati, T. (2023). Analisis Kualitas Eco Enzym Dari Berbagai Bahan Dasar Kulit Buah Untuk Pertanian Berkelanjutan. *Agrisaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 7(1), 76–81. <https://doi.org/10.32585/AGS.V7I1.3675>

- Lim, S. L., Lee, L. H., & Wu, T. Y. (2016). Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, *111*, 262–278. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.08.083>
- Listiana, I., Ayuni, T., Asih Saputri, D., Amelia, I., Studi Biologi, P., Tarbiyah dan Keguruan, F., Raden Intan Lampung, U., & Studi Pendidikan Biologi, P. (2024). Utilization of Eco-Enzyme on Land Spinach (*Ipomoea reptans Poir.*) with Wick Hydroponic System. *Biospecies*, *17*(2), 22–28. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v17i2.35787>
- Meisy Evis Putri, R., Fevria, R., Departemen Biologi, V., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Negeri Padang Jl Hamka, U., Padang, K., & Barat, S. (2023). Pengaruh Ecoenzyme Teknologi Nano Terhadap Pertumbuhan Pakcoy (*Brassica rapa L.*) yang Dibudidayakan Secara Hidroponik. *Produksi Tanaman*, *11*(6), 349–358. <https://doi.org/10.21776/UB.PROTAN.2023.011.06.01>
- Mubarok, S., Ananda, S. D., Farida, F., Fadilah, A., & Sudirja, R. (2021). Evaluasi tiga sistem budidaya di lahan sempit pada budidaya dua kultivar bayam di Kota Bekasi. *Kultivasi*, *20*(2). <https://doi.org/10.24198/KULTIVASI.V20I2.32022>
- Novianto. (2022). Response Of Liquid Organic Fertilizer Eco Enzyme (EE) On Growth And Production Of Shallot (*Allium Ascalonicum. L.*). *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)*, *4*(1), 147–154. <https://doi.org/10.36378/JUATIKA.V4I1.1782>
- Nurfadilah, F., Surtikanti, H. K., & Nilawati, T. S. (2024). Pertumbuhan tanaman bayam horenzo (*Spinacia orelacea L.*) dengan pemberian nutrisi menggunakan ekoenzim. *Holistic: Journal of Tropical Agriculture Sciences*, *1*(2). <https://doi.org/10.61511/HJTAS.V1I2.2024.333>
- Rasit, N., Fern, L. H., & Ghani, A. W. A. K. (2019). Production and Characterization of Eco Enzyme Produced From Tomato and Orange Wastes and Its Influence On The Aquaculture Sludge. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, *10*(03), 967–980.
- Rasit, N., Hwe Fern, L., & Ab Karim Ghani, W. A. W. (2019). *Production and Characterization of Eco Enzyme Produced from Tomato and Orange Wastes and Its Influence on the Aquaculture Sludge*. <https://papers.ssrn.com/abstract=3456453>
- Paramudita, S. , K. B., Ilmiasari, Y., Harini, N. V. A., & Novrimansyah, E. A. (2025). Pengaruh pemberian POC Air Cucian Beras Pada Hasil Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa L.*). *Journal of Agriculture and Animal Science*, *5*(1), 11–20. <https://doi.org/10.47637/AGRIMALS.V5I1.1449>
- Setiawati, P. L., Sumardi, S., Irawan, B., Nurcahyani, E., & Agustrina, R. (2023). Penentuan Karakteristik dan Efektivitas Eco Enzyme Berbahan Dasar Limbah Organik yang Berbeda sebagai Pengawet Buah Tomat (*Solanum esculentum MILL.*): Determination of The Characteristics And Effectiveness of Eco enzyme Based on Different Organic Waste Fo.... *Biospecies*, *16*(1), 80–87. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v16i1.24110>
- Sinaga, W. S., Limeranto, D. M., Pangala, E. L. B., & Madyaningrana, K. (2023). Efek Pemberian Pupuk Organik Cair Berbasis Kulit Buah (Eco Enzyme) terhadap Pertumbuhan

Tanaman Pakcoy (*Brassica chinensis* L.). *Pro-Life*, 10(2), 839–852.
<https://doi.org/10.33541/PRO-LIFE.V10I2.4801>

Suri, A. M. (2025). *Journal of Agriculture and Animal Science Respons Pakcoy (Brassica rapa) Akibat Teknik Pemupukan Terhadap Karakter Fisiologis Dan Hasil Panen.*
<https://doi.org/10.47637/agrimals.v5i2.1926>

Tang, F. E., & Tong, C. W. (2011). A Study of the Garbage Enzyme's Effects in Domestic Wastewater. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering*, 5(12), 887–892. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1332982>