

Karakteristik Morfologi dan Hasil Kedelai Edamame yang Diberi Eco-enzyme dan Pengendalian Gulma Berbeda di Lahan Tropis

Morphological characteristic and yield of edamame soybean treated with different eco-enzyme and weed management on tropical land

*Nerty Soverda, Elly Indra Swari, Neliyati, Yuni Ratna, Herni Dwinta Pebrianti, dan Dilla Wahyuni

Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

*e-mail korepondensi : nsoverda@unja.ac.id

Abstract .Edamame soybeans are a variety of soybeans that act as leaf vegetables that are rich in protein, minerals and vitamins. Edamame soybean cultivation is not yet popular, even though the need and demand are quite large. Eco-enzymes are inputs that play an important role as natural hormones and provide nutrients for plants. Eco-enzyme is an organic product that goes through an anaerobic fermentation process. A decrease in the yield of cultivated plants can be caused by competition with weeds. Several general weed control options have been developed, but appropriate weed control options are needed to ensure production and ecological sustainability. Research was carried out at the Teaching and Research Farm (1°37'0.129" S, 103°31'2.501" E), Faculty of Agriculture, Jambi University. The research started in January and ended in March 2023 using a split plot design, as the main plot was the concentration of eco-enzymes and the weed control method was chosen as the sub-plot. The eco-enzyme treatments specified were 0 ml L⁻¹(e1), 10 ml L⁻¹ (e2), and 20 ml L⁻¹ (e3). Weed control treatment consists of 2 (two) weed control methods, namely uprooted and cutting off. The parameters observed were morphological growth (plant height, number of root nodules, leaf chlorophyll content, and flowering time) and yield potential (number of pods, number of filled pods, and fresh weight of pods). The results showed that the differences in eco-enzyme concentration and applied weed control were not significantly different on morphological parameters (plant height, number of root nodules, and chlorophyll content of edamame soybean leaves 5 WAP) and yield potential parameters (number of pods, number of filled pods, and wet weight pods) edamame soybeans 65 DAP. Weed control through uprooting was able to increase the number of pods (4.39%), the number of filled pods (5.08%), and the wet weight of the pods (9.57%).

Keywords: eco-enzymes, edamame soybeans, weed control

Abstrak. Kedelai edamame merupakan varietas kedelai yang berperan sebagai sayuran daun yang kaya nutrisi protein, mineral, dan vitamin. Budidaya kedelai edamame belum populer, padahal kebutuhan dan permintaannya cukup besar. Eco-enzyme merupakan input yang berperan penting sebagai hormone alami dan menyediakan nutrisi bagi tanaman. Eco-enzyme merupakan produk organik yang melalui proses fermentasi secara an-aerob. Penurunan hasil tanaman budidaya dapat disebabkan oleh persaingan dengan gulma, beberapa pilihan pengendalian gulma secara umum telah dikembangkan, namun perlu pilihan pengendalian gulma yang tepat dalam menjamin keberlanjutan produksi dan ekologi. Penelitian dilaksanakan di Teaching and Research Farm (1°37'0.129" S, 103°31'2.501"), Fakultas Pertanian, Universitas Jambi. Penelitian dimulai pada bulan Januari dan berakhir pada Maret 2023 menggunakan split plot design, sebagai main plot adalah konsentrasi eco-enzyme dan metode pengendalian gulma dipilih sebagai sub-plot. Perlakuan eco-enzyme yang ditetapkan yaitu 0 ml.L⁻¹(e1), 10 ml L⁻¹ (e2), dan 20 ml L⁻¹ (e3). Perlakuan pengendalian gulma, terdiri dari 2 (dua) cara pengendalian gulma, yaitu dicabut dan dipotong. Parameter yang diamati yaitu pertumbuhan morfologi (tinggi tanaman, jumlah bintil akar, kandungan klorofil daun, dan waktu berbunga) dan potensi hasil (jumlah polong, jumlah polong terisi, dan berat segar polong). Hasil penelitian menunjukkan perbedaan konsentrasi eco-enzyme dan pengendalian gulma yang diaplikasikan berbeda tidak nyata terhadap parameter morfologi (tinggi tanaman, jumlah bintil akar, dan kandungan klorofil daun kedelai edamame 5 MST dan parameter potensi hasil (jumlah polong, jumlah polong berisi, dan berat basah polong) kedelai edamame 65 HST. Pengendalian gulma melalui dicabut mampu meningkatkan jumlah polong (4,39%), jumlah polong berisi (5,08%), dan berat basah polong (9,57%).

Kata kunci : eco-enzim, kedelai edamame, pengendalian gulma

PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan pangan terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Malotoks et al (2021) menegaskan bahwa beberapa faktor menyebabkan ketahanan pangan harus diperkuat, salah satunya terkait pertumbuhan populasi. Upaya yang dapat menstabilkan ketahanan pangan adalah meningkatkan bahan pangan nabati bagi masyarakat. Kedelai edamame merupakan varietas kedelai yang berperan sebagai sayuran daun yang kaya nutrisi. Moinuddin et al. (2023) melaporkan bahwa kedelai edamame merupakan sayuran hijau yang tinggi dengan kandungan protein, mineral, dan vitamin. Budidaya kedelai edamame secara global belum populer, padahal

kebutuhan dan permintaannya cukup besar. Kondisi ini mengakibatkan permintaan dan ketersediaan yang tidak seimbang.

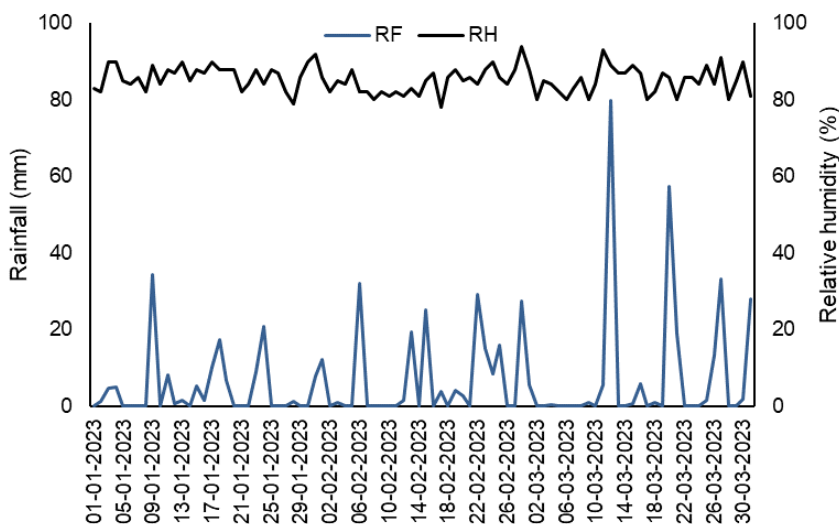
Terkait dengan permasalahan tersebut diperlukan upaya untuk meningkatkan budidaya kedelai edamame. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi kedelai edamame adalah melalui intensifikasi. Intensifikasi mengharuskan beberapa input produksi untuk meningkatkan hasil produksi (Marambe et al., 2020). Meskipun demikian, intensifikasi yang direkomendasikan perlu mempertimbangkan beberapa hal terutama terkait dengan aspek keberlanjutan (Silva et al., 2021; Lyu et al., 2022).

Eco-enzyme merupakan input yang dapat berperan penting sebagai hormone alami dan menyediakan nutrisi bagi tanaman. Eco-enzyme merupakan produk organik yang melalui proses fermentasi bahan organik secara anaerob. Kecenderungan pemanfaatan sampah organik dikonversikan menjadi eco-enzim merupakan hal yang baru (Benny et al., 2023). Potensi eco-enzyme dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman telah dibuktikan pada beberapa sayuran seperti seledri (Elisabet & Titisari, 2023) dan buncis (Narang et al., 2023). Penurunan hasil produksi budidaya dapat disebabkan oleh persaingan dengan gulma. Little et al. (2021) menyatakan bahwa pengendalian gulma perlu diperhatikan untuk mengantisipasi kehilangan hasil budidaya. Bahkan, Chauhan (2020) sebelumnya mengkonfirmasi bahwa gulma merupakan tantangan besar dalam meningkatkan produksi tanaman budidaya. Beberapa pilihan pengendalian gulma secara umum telah dikenalkan dan dikembangkan sebagai upaya peningkatan produksi budidaya (Monteiro and Santos, 2022). Meskipun demikian, perlu pilihan pengendalian gulma yang tepat khususnya dalam menjamin keberlanjutan produksi dan ekologi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak pemberian beberapa konsentrasi eco-enzyme dan metode pengendalian gulma sebagai alternative dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai edamame di lahan tropis.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Teaching and Research Farm (1°37'0129" S, 103°31'20.501"), Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Muaro Jambi, Jambi. Penelitian dimulai pada bulan Januari dan berakhir pada Maret 2023. Lokasi penelitian termasuk ekosistem tropis dengan jumlah hari hujan tergolong tinggi, curah hujan berfluktuasi, dan rata-rata kelembaban udara $\geq 80\%$ (Gambar 1).



Gambar 1. Curah hujan (RF) dan kelembaban relatif (RH) dilokasi penelitian selama penelitian dilaksanakan. (Sumber: BMKG Jambi).

Penelitian menggunakan benih kedelai edamame Biomax 1. Benih ditanam pada petak percobaan berukuran 1,5 m (panjang) x 1,5 m (lebar) x 0,2 m (tinggi) yang merupakan plot percobaan. Jarak antar plot ditetapkan 0,7 m. Benih ditanam pada petakan dengan jarak tanam 0,3 m (panjang) x 0,2 m (lebar), sehingga terdapat 25 benih dalam setiap petak percobaan. Percobaan dilaksanakan di tanah yang termasuk Ultisol dengan karakteristik tanah mengandung C-Organik= 1,96%; N-Total= 0,003%; P-HCl= 31,56; K-HCl= 11,55 dan pH = 5,33. Karena kondisi tanah yang tidak cukup baik, setiap petak percobaan diberi pupuk kandang ayam 2,25 g/petak.

Eco-enzyme yang digunakan telah difermentasi secara anaerob selama 3 bulan. Eco-enzyme dibuat dari kulit pisang (1750 g), kulit jeruk (200 g), kulit nanas (200 g), kulit semangka (200 g), kulit melon (200 g), kulit papaya (200 g), kulit belimbing (200 g), daun pandan (50g), gula merah 1000 g, dan air 10 L. Eco-enzyme yang digunakan

sebagai perlakuan mengandung C-organik= 1,48%; N-total = 0,01%; P-total= 0,0002%; K-total= 0,03%, dan pH= 3,81.

Penelitian menggunakan split plot design, sebagai main plot adalah konsentrasi eco-enzyme dan metode pengendalian gulma dipilih sebagai sub-plot. Perlakuan eco-enzyme yang ditetapkan yaitu 0 ml.L⁻¹(e1), 10 ml L⁻¹ (e2), dan 20 ml L⁻¹ (e3). Perlakuan pengendalian gulma, terdiri dari 2 (dua) cara pengendalian gulma yaitu dicabut dan dipotong. Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga terdapat 24 plot percobaan.

Data yang dikumpulkan terdiri dari data yang terkait pertumbuhan morfologi tanaman dan potensi hasil kedelai edamame. Parameter pertumbuhan morfologi terdiri dari tinggi tanaman, jumlah bintil akar, kandungan klorofil daun, dan waktu berbunga. Untuk mengetahui potensi hasil, parameter yang diukur terdiri dari jumlah polong, jumlah polong terisi, dan berat segar polong. Tinggi tanaman diamati setiap minggu dimulai pada minggu 1 hingga 5 minggu setelah tanam (MST). Jumlah bintil akar dan kandungan klorofil daun diamati pada 32 hari setelah tanam (HST), sedangkan waktu berbunga ditetapkan dimulai ketika bunga terbuka sempurna. Parameter jumlah polong, jumlah polong terisi, dan berat segar polong diamati pada saat panen 65 HST.

Seluruh data yang telah dikumpulkan terhadap parameter yang diamati dianalisis menggunakan analisis varian (ANOVA), selanjutnya tingkat signifikansi antar perlakuan diuji menggunakan Duncan Multiple Range Test pada taraf $\alpha = 5 \%$. Seluruh analisis statistic dilakukan menggunakan software Smartstat for Microsoft excel 2021.

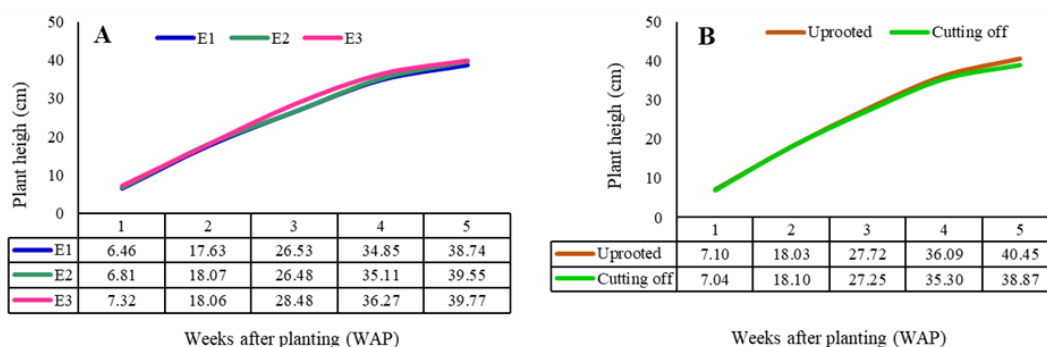
Eco-enzim diaplikasikan pada tanaman kedelai edamame berumur 2 MST sesuai dengan perlakuan yang ditetapkan. Perlakuan pengendalian gulma dicabut yaitu seluruh organ, termasuk akar gulma dihilangkan. Sedangkan perlakuan dipotong merupakan cara pengendalian dengan memotong bagian tajuk gulma (akar tidak ikut terbangun). Pengendalian gulma dilakukan pada 10 HST, 20 HST, dan 30 HST. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman 2 (dua) kali setiap hari pada pagi dan sore hari secara teratur. Tanaman dipupuk 2 (dua) kali yaitu pada 18 dan 35 HST. Setiap pemupukan menggunakan Urea 7,5 g/petak, SP-36 15 g/petak, dan KCL 7,5 g/petak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Kedelai edamame pada perbedaan konsentrasi eco-enzime dan pengendalian gulma

Respon kedelai edamame terhadap perlakuan yang diaplikasikan menunjukkan sifat morfologi yang beragam. Tinggi kedelai edamame setiap minggunya meningkat dan terjadi peningkatan yang tajam hingga 4 MST dan selanjutnya menunjukkan indikasi stagnansi. Meskipun demikian, terlihat tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada perlakuan yang diaplikasikan, khususnya pada pemberian eko-enzim (Gambar 2).

Eco-enzim yang diberikan memiliki kandungan unsur hara yang tidak memadai untuk meningkatkan pertumbuhan tinggi kedelai edamame. Hal ini menyebabkan tinggi tanaman pada perlakuan dosis eco-enzim menunjukkan pertumbuhan yang tidak signifikan. Storkey et al. (2021) melaporkan bahwa unsur hara yang tidak memadai sebagai input budidaya tanaman akan berdampak terhadap tinggi tanaman yang tidak signifikan. Beberapa tanaman lain seperti timun (Campos et al., 2021), kapas (Ahmed et al., 2020), dan arugula (de Morais et al., 2020) telah dilaporkan memiliki pertumbuhan tinggi yang tidak signifikan akibat perlakuan dengan kandungan unsur hara yang tidak signifikan.



Gambar 2. Tinggi tanaman kedelai edamame mingguan terhadap perbedaan konsentrasi eco-enzime (A) dan pengendalian gulma (B).

Lebih lanjut, dampak perlakuan pengendalian gulma terhadap tinggi tanaman secara jelas baru terlihat pada 5 MST. Kedelai edamame yang diperlakukan melalui pengendalian gulma dengan dicabut terindikasi mampu memicu pertumbuhan tinggi tanaman (Tabel 1).

Tabel 1. Tinggi tanaman kedelai edamame pada perbedaan konsentrasi eco-enzyme dan pengendalian gulma (5 MST)

Pengendalian gulma	Konsentrasi eco-enzyme(mL.L ⁻¹)			Rata-rata
	e1	e2	e3	
	0	10	20	
Dicabut	38.85	40.35	40.58	39.93 b
Dipotong	38.63	38.75	38.98	38.78 a
Rata-rata ^{ns}	38.74	39.55	39.78	

Keterangan: Data yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada $\alpha \leq 5\%$.

ns : berbeda tidak nyata

Perlakuan eco-enzyme dan pengendalian gulma tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan pada sebagian besar sifat morfologi kedelai edamame lainnya. Fenomena kemiripan respon akibat pemberian perlakuan ditunjukkan oleh beberapa komponen morfologi kedelai edamame seperti jumlah bintil akar (Tabel 2), kandungan klorofil daun (Tabel 3), dan waktu berbunga (Tabel 4).

Berdasarkan hasil pengamatan seluruh perlakuan tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap parameter pertumbuhan yang diamati, kecuali pengaruh pengendalian gulma terhadap tinggi tanaman pada 5 MST. Pengendalian gulma melalui dicabut terindikasi mampu meningkatkan pertumbuhan kedelai edamame. Storkey et al. (2021) menyampaikan bahwa pengendalian gulma dengan dicabut mampu menekan pertumbuhan gulma yang mengganggu tanaman. Kurstjens and Kropff (2001) mengungkapkan bahwa pengendalian gulma dengan cara dicabut lebih efektif (47-61 mortalitas).

Semakin tinggi mortalitas gulma maka akan mengurangi kompetisi tanaman dengan gulma. Keberadaan gulma akan bersifat antagonis bagi tanaman budidaya. Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa alelokimia yang dihasilkan oleh gulma akan berdampak negative terhadap pertumbuhan tanaman yang dibudidaya (Bachheti et al., 2020; Xiao et al., 2020). Waktu berbunga kedelai edamame juga menunjukkan perbedaan tidak nyata pada perbedaan konsentrasi eco-enzyme dan pengendalian gulma (5 MST), dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Jumlah bintil akar kedelai edamame pada perbedaan konsentrasi eco-enzyme dan pengendalian gulma (5 MST)

Pengendalian gulma	Konsentrasi eco-enzyme(mL.L ⁻¹)			Rata-rata ^{ns}
	e1	e2	e3	
	0	10	20	
Dicabut	40.00	58.75	79.50	59.42
Dipotong	49.38	51.50	57.88	52.92
Rata-rata ^{ns}	44.69	55.13	68.69	

ns : berbeda tidak nyata pada $\alpha \leq 5\%$.

Hasil analisis terhadap kandungan klorofil daun kedelai edamame pada perbedaan konsentrasi eco-enzyme dan pengendalian gulma (5 MST) menunjukkan beda tidak nyata, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan klorofil daun kedelai edamame pada perbedaan konsentrasi eco-enzyme dan pengendalian gulma (5 MST)

Pengendalian gulma	konsentrasi eco-enzyme(mL.L ⁻¹)			Rata-rata ^{ns}
	e1	e2	e3	
	0	10	20	
dicabut	16.12	16.92	17.15	16.73
Dipotong	15.75	16.18	15.58	15.84
Rata-rata ^{ns}	15.93	16.55	16.37	

ns : berbeda tidak nyata pada $\alpha \leq 5\%$.

Tabel 4. Waktu berbunga kedelai edamame pada perbedaan konsentrasi eco-enzyme dan pengendalian gulma (5 MST)

Pengendalian gulma	konsentrasi eco-enzyme(mL.L ⁻¹)			Rata-rata ^{ns}
	e1	e2	e3	
	0	10	20	
dicabut	31.83	32.25	31.85	31.98
Dipotong	32.08	32.15	32.90	32.04
Rata-rata ^{ns}	31.95	32.20	31.88	

ns : berbeda tidak nyata pada $\alpha \leq 5\%$.

Potensi Hasil Kedelai edamame pada perbedaan konsentrasi eco-enzyme dan pengendalian gulma

Perlakuan konsentrasi eco-enzyme, pengendalian gulma, dan interaksi keduanya belum menunjukkan peningkatan hasil pada kedelai edamame. Beberapa parameter sebagai representasi hasil belum menunjukkan pengaruh yang signifikan akibat perlakuan yang diaplikasikan. Hal ini sebagaimana digambarkan oleh jumlah polong (Tabel 5), jumlah polong berisi (Tabel 6), dan berat basah polong (Tabel 5).

Tabel 5. Jumlah polong kedelai edamame pada perbedaan konsentrasi eco-enzyme dan pengendalian gulma

Pengendalian gulma	konsentrasi eco-enzyme(mL.L ⁻¹)			Rata-rata ^{ns}
	e1	e2	e3	
	0	10	20	
dicabut	36.08	33.18	37.68	35.64
Dipotong	35.43	37.68	29.33	34.14
Rata-rata ^{ns}	35.75	35.43	33.50	

ns : berbeda tidak nyata pada $\alpha \leq 5\%$.

Meskipun perlakuan yang diaplikasikan belum menunjukkan pengaruh yang signifikan, namun terdapat kecenderungan yang dapat disoroti akibat perlakuan yang diaplikasikan. Perlakuan pengendalian gulma dengan cara dicabut cenderung mampu meningkatkan potensi hasil kedelai edamame. Hal ini sebagaimana terlihat bahwa dengan pengendalian gulma melalui dicabut mampu meningkatkan jumlah polong (4,39%), jumlah polong berisi (5,08%), dan berat basah polong (9,57%).

Hasil pengamatan terhadap rata-rata jumlah polong berisi kedelai edamame pada perbedaan konsentrasi eco-enzyme dan pengendalian gulma menunjukkan perbedaan tidak nyata, seperti dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jumlah polong berisi kedelai edamame pada perbedaan konsentrasi eco-enzyme dan pengendalian gulma.

Pengendalian gulma	konsentrasi eco-enzyme(mL.L ⁻¹)			Rata-rata ^{ns}
	e1	e2	e3	
	0	10	20	
dicabut	34.85	32.60	36.83	34.76
Dipotong	33.58	36.93	28.75	33.08
Rata-rata ^{ns}	34.21	34.76	32.79	

ns : berbeda tidak nyata pada $\alpha \leq 5\%$.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh perlakuan tidak berpengaruh terhadap parameter hasil yang diukur. Hal ini disebabkan oleh kandungan unsur hara makro dan mikro pada eco-enzyme yang masih relative rendah. Hawkesford et. al. (2023) mengungkapkan bahwa nutrisi makro sangat penting bagi pertumbuhan dan menentukan hasil produksi tanaman. Peran nutrisi makro terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman telah dibuktikan pada tanaman timun (Campos et al., 2021), kapas (Ahmed et al., 2020), dan arugula (de Morais et al., 2020). Disamping itu, peran nutrisi mikro tidak dapat dikesampingkan bagi tanaman (Jatav et al., 2020). Biswas et al. (2020) melaporkan bahwa nutrisi mikro sangat bermanfaat terhadap pertumbuhan dan hasil dari tanaman bawang. Tanaman kedelai membutuhkan pengelolaan nutrisi mikro yang baik untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pengelolaan nutrisi mikro sangat penting bagi tanaman kedelai disamping meningkatkan hasil juga meningkatkan kesuburan dan kesehatan tanah (Thapa et al., 2021).

Kondisi yang sama juga ditunjukkan oleh rata-rata berat basah polong tanaman kedelai edamame, hasil analisis menunjukkan beda tidak nyata rata-rata berat basah polong terhadap pemberian eco-enzyme dan pengendalian gulma yang dapat dilihat pada Tabel 7;

Tabel 7. Berat basah polong kedelai edamame pada perbedaan konsentrasi eco-enzime dan pengendalian gulma..

Pengendalian gulma	konsentrasi eco-enzime(mL.L ⁻¹)			Rata-rata ^{ns}
	e1	e2	e3	
	0	10	20	
dicabut	94.33	75.92	100.18	100.62
Dipotong	80.33	97.08	78.58	91.83
Rata-rata ^{ns}	92.43	102.09	94.15	

ns : berbeda tidak nyata pada $\alpha \leq 5\%$.

KESIMPULAN

Berdasar hasil penelitian dan analisis data dapat dirumuskan kesimpulan sebagai berikut. Perbedaan konsentrasi eco-enzime dan pengendalian gulma yang diaplikasikan menunjukkan hasil berbeda tidak nyata terhadap parameter morfologi (tinggi tanaman, jumlah bintil akar, dan kandungan klorofil daun) kedelai edamame 5 MST. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh parameter potensi hasil (jumlah polong, jumlah polong berisi, dan berat basah polong) kedelai edamame 65 HST. Pengendalian gulma melalui dicabut mampu meningkatkan jumlah polong (4,39%), jumlah polong berisi (5,08%), dan berat basah polong (9,57%)

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, N., M.A. Ali, S. Danish, U.K. Chaudhry, S. Hussain, W. Hassan and N. Ali. 2020. Role of macronutrients in cotton production. *Cotton Production and Uses: Agronomy, Crop Protection, and Postharvest Technologies*. 2020:81-104.
- Bachheti, A., Sharma, A., Bachheti, R. K., Husen, A., & Pandey, D. P. (2020). Plant allelochemicals and their various applications. *Co-evolution of secondary metabolites*.
- Benny, N., Shams, R., Dash, K. K., Pandey, V. K., & Bashir, O. (2023). Recent trends in utilization of citrus fruits in production of eco-enzyme. *Journal of Agriculture and Food Research*. 100657.
- Biswas, P., S. Das, A. Bar, T.K. Maity and A.R. Mandal. 2020. Effect of micronutrient application on vegetative growth and bulb yield attributes of rabi onion (*Allium cepa* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 9(3):556-565.
- Campos, C.N.S., G.C.M. Teixeira, R.D.M. Prado, G. Caione, G.B. da Silva Júnior, C.H.O.D. David and P.E. Teodoro. 2021. Macronutrient deficiency in cucumber plants: impacts in nutrition, growth and symptoms. *Journal of Plant Nutrition*. 44(17):2609-2626.
- Chauhan, B. S. (2020). Grand challenges in weed management. Storkey, J., Helps, J., Hull, R., Milne, A. E., & Metcalfe, H, *Defining integrated weed management: A novel conceptual framework for models*.
- de Moraes, E.G., M.M. Freire, A.Y. de Oliveira Santos, G.G.C. da Silva, E.M.M. Oliveira, L.B. Franco and G.L.F. de Souza. 2020. Growth and accumulation of macronutrients in arugula. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*. 7(9).
- Elisabet & Titisari, P. W. (2023). Eco-enzyme and mushroom bag-logs waste stimulate production and nutrients content of celery microgreen (*Apium graveolens* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 51(3), 334-345.
- Hawkesford, M.J., I. Cakmak, D. Coskun, L.J. De Kok, H. Lambers, J.K. Schjoerring and P.J. White. 2023. Functions of macronutrients. In *Marschner's Mineral Nutrition of Plants*. 2023:201-281.
- Jatav, H.S., L.D. Sharma, R. Sadhukhan, S.K. Singh, S. Singh, V.D. Rajput and Sukirtee. 2020. An overview of micronutrients: prospects and implication in crop production. *Plant micronutrients: deficiency and toxicity management*. 2020:1-30.
- Khan, F. A., Amir, M., Narayan, S., Dar, Z. M., & Khan, M. H. (2023). Vegetable soybean (Edamame): A potential area of research-A review. *SKUAST Journal of Research*. 25(3), 376-386.
- Kurstjens, D. A. G., & Kropff, M. J. (2001). The impact of uprooting and soil-covering on the effectiveness of weed harrowing. *Weed Research*. 41(3), 211-228.
- Little, N. G., DiTommaso, A., Westbrook, A. S., Ketterings, Q. M., & Mohler, C. L. (2021). Effects of fertility amendments on weed growth and weed-crop competition: a review. *Weed Science*. 69(2), 132-146.
- Lyu, X., Peng, W., Niu, S., Qu, Y., & Xin, Z. (2022). Evaluation of sustainable intensification of cultivated land use according to farming households' livelihood types. *Ecological Indicators*. 138, 108848.
- Marambe, B., Jayawardena, S. S. B. D. G., Weerakoon, W. M. W., & Wijewardena, H. (2020). Input intensification in food crops production and food security. *Agricultural Research for Sustainable Food Systems in Sri Lanka*. 1, 215-248.

- Molotoks, A., Smith, P., & Dawson, T. P. (2021). Impacts of land use, population, and climate change on global food security. *Food and Energy Security*. 10(1), 261.
- Narang, N., Hussain, A., & Madan, S. (2023). A comparative study on compost preparation using lab prepared eco-enzyme and its effect on growth of plant species *Phaseolus vulgaris*. *Environmental Science and Pollution Research*. 1-11.
- Qiao, Y. J., Gu, C. Z., Zhu, H. T., Wang, D., Zhang, M. Y., Zhang, Y. X., & Zhang, Y. J. (2020). Allelochemicals of *Panax notoginseng* and their effects on various plants and rhizosphere microorganisms. *Plant diversity*. 42(5), 323-333.
- Silva, J. V., Reidsma, P., Baudron, F., Laborte, A. G., Giller, K. E., & van Ittersum, M. K. (2021). How sustainable is sustainable intensification? Assessing yield gaps at field and farm level across the globe. *Global Food Security*. 30, 100552.
- Thapa, S., A. Bhandari, R. Ghimire, Q. Xue, F. Kidwaro, S. Ghatrehsamani and M. Goodwin. 2021. Managing micronutrients for improving soil fertility, health, and soybean yield. *Sustainability*. 13(21):11766.