

**EFEK SUBSTITUSI KOMPOS *AZOLLA PINNATA* SEBAGAI PUPUK ORGANIK PADA TANAMAN CAISIM (*Brassica juncea*)**

*Effect of Substitution Azolla pinnata Compost as Organic Fertilizer To Caisim (Brassica juncea)*

**Muhammad Aksan<sup>1)</sup>, Gunawan Budiyanto<sup>2)</sup>, Bambang Heri Isnawan<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Pendidikan Vokasional Teknik Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sidenreng Rappang, Jl. Angkatan 45 No.1A Lotang Salo Kelurahan Maccorawalie, Rappang, 91651

<sup>2),3)</sup> Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl. Lkr. Sel., Geblagan, Tamantirto, Kec. Bantul, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183

E-mail: akhsanpulalo07@gmail.com

**ABSTRAK**

Asosiasi Pangan Dunia PBB tahun 2022 memprediksi lonjakan penduduk dunia akan mencapai angka 8 milyar tahun 2050 yang menuntut adanya ketersediaan pangan yang cukup guna memenuhi kebutuhan tersebut, terlebih saat ini dunia telah mengalami krisis pangan. Faktanya produktifitas pertanian tidak diikuti dengan input pupuk ramah lingkungan yang berdampak pada degradasi lingkungan karena penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek substitusi pupuk kompos *Azolla pinnata* terhadap pemakaian pupuk nitrogen pada tanaman caisim. Penelitian dilaksanakan pada Agustus 2013 hingga Januari 2014 di rumah kaca Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Metode yang digunakan percobaan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor tunggal dengan 7 perlakuan hasil konversi yakni P1(120 kg N Urea/ha; P2(100 kg N Urea + 20 kg N *Azolla pinnata* kompos/ha; P3 (80 kg N Urea + 40 kg N *Azolla pinnata* kompos/ha; P4 (60 kg N Urea + 60 kg N *Azolla pinnata* kompos /ha; P5 (40 kg N Urea + 80 kg N *Azolla pinnata* kompos /ha; P6 (20 kg N Urea + 100 kg *Azolla pinnata* kompos /ha; P7(120 kg N *Azolla pinnata* kompos /ha) dengan pengulangan tiga kali/perlakuan. Hasil penelitian mengungkap bahwa perlakuan pemupukan P7 memberi efek paling optimal dari sisi panjang akar dan berat segar tanaman yang setara dengan 120 kg N Urea/ha. Begitupun dengan substitusi kompos *Azolla pinnata* pada perlakuan P6 menunjukkan Laju Asimilasi Bersih (LAB), Laju Pertumbuhan Relatif (LPR) dan berat biomassa daun tanaman terbaik diantara perlakuan lainnya. Sebagai kesimpulan kompos *Azolla pinnata* mampu mensubstitusi atau menggantikan keseluruhan nitrogen pada tanaman caisim.

**Kata kunci** : *Azolla pinnata*; caisim;kompos; pupuk anorganik; urea

**ABSTRACT**

*The UN World Food Association (FAO) predicts that the world's population will increase to 8 trillion by 2050, which demands sufficient food availability to meet these needs, especially now that the world is experiencing a food crisis. The agricultural productivity is not accompanied by the input of environmentally friendly fertilizers which have an impact on*



*environmental degradation due to the excessive use of inorganic fertilizers. This study aims to determine the effect of Azolla pinnata compost substitution on the use of nitrogen fertilizers in caisim. The research was conducted from August 2013 to January 2014 in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, Muhammadiyah University of Yogyakarta. The method used was a completely randomized design (CRD) experiment with a single factor with 7 treatments resulting from the conversion with three repetitions / treatment N Urea/ha. Likewise with Azolla pinnata compost substitution in treatment P6 showed the best Net Assimilation Rate (LAB), Relative Growth Rate (LPR) and plant leaf biomass weight among other treatments. In conclusion Azolla compost was able to substitute or replace all nitrogen on caisim.*

**Keywords:** Anorganic fertilizer; *Azolla pinnata*; Caisim; Compost; urea

## PENDAHULUAN

Penggunaan pupuk anorganik secara intensif dapat menyebabkan ketergantungan. Harga pupuk yang semakin melambung tinggi, ketersediaan pupuk anorganik yang semakin langka membuat petani menghadapi permasalahan yang kompleks. Di Indonesia kebutuhan pupuk anorganik untuk memenuhi sumber hara makro mencapai peningkatan 3,4 % dalam penganggaran APBN subsidi pupuk pada rentang waktu 2010- 2014 (Zulaiha et al., 2018); jumlah ini cukup tinggi secara nasional.

Pemupukan berlebihan dan terus menerus dapat menggiring kepada kerusakan lingkungan yang masif. Beberapa kerusakan akibat pemakaian pupuk kimiawi diantaranya menurunkan produktifitas tanah seperti bahan organik (BO) dan aktifitas mikroorganisme, konvaksi tanah berupa pemadatan tanah hingga terjadinya polusi lingkungan (Sharma and Mitra 1991; Sulaeman et al. 2017).

Dampak destruktif dari pupuk anorganik tersebut dapat diturunkan dengan mengeksplorasi tanaman yang kaya akan unsur hara makro N terutama jika produk pertanian yang ditargetkan adalah sayuran berdaun yang butuh unsur nitrogen yang memadai untuk kepentingan fotosintesis agar lebih produktif. Harapannya tanaman tersebut dapat mensubstitusi atau bahkan menggantikan unsur N sekaligus memperbaiki dan menambah kesehatan tanah (Thapa & Poudel, 2021).

Salah satu tanaman yang tingkat konsumsinya cukup tinggi di Indonesia yakni sawi atau caisim (*Brassica juncea*) ; menurut Hermansyah et al. (2021) trend konsumsi sawi terus mengalami peningkatan pada tahun 2020 hingga 2029 mendatang sehingga sebagai



tanaman hortikultura ini masih sangat prospektif. Sebagai tanaman yang berdaun lebar, tanaman ini membutuhkan asupan N yang cukup tinggi. Unsur hara tersebut diperlukann guna memproduksi bagian vegetatif tanaman. Produksi sawi dewasa ini menggunakan pupuk anorganik, meski sudah banyak yang dibudidayakan dengan prinsip pertanian organik namun tidak mampu lepas dari dependensi terhadap pupuk kimiawi. Oleh karena itu perlu dilakukan riset lebih lanjut mengenai potensi tanaman sekitar yang belum dimanfaatkan dengan baik; yang secara kandungan N (Nitrogen) yang cukup tinggi dapat dijadikan produk substitusi dalam pemupukan tanaman yang berbasis vegetatif daun dan batang.

Salah satu tumbuhan disekitar kita yang cukup mudah ditemukan dan mudah perbanyakannya yakni *Azolla*. Banyak jenis *Azolla* yang tumbuh dari berbagai genus dan spesies diantaranya *Azolla microphylla* dan *Azolla pinnata* (Alfasane et al., 2019). Dari sekian banyak *Azolla* tersebut, *Azolla pinnata* merupakan jenis yang mengandung Nitrogen tinggi (Sudjana, 2014). Kandungan N pada spesies *Azolla* sebesar 3-5 % yang tertambat untuk kebutuhan tanaman (Herath et al., 2023); selain itu sangat mudah dalam budidayanya (Ratna, 2007) sehingga mudah diolah untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman sawi. Banyak sekali manfaat *Azolla* dengan kandungan nutrisi yang dimilikinya selain jadi pupuk organik, dapat juga digunakan sebagai bahan reklamasi tanah bersalinitas tinggi, bioremediasi, biogas, bionergi bahkan sebagai bahan diet dalam ekspedisi ke Mars (Goswami, 2022). Bahkan pada sebuah penelitian *Azolla* dapat menggantikan nitrogen anorganik hingga mencapai 60 % (Seleiman et al., 2022); *Azolla* ini dapat dimanfaatkan baik dalam bentuk cair maupun kompos (Amini et al., 2022). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek substitusi kompos *Azolla pinnata* terhadap pertumbuhan, dan perkembangan dan hasil tanaman Caisim (*Brassica juncea*)

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Tempat penelitian

Penelitian ini adalah penelitian masa lampau yang dilaksanakan pada Agustus 2013 hingga Januari 2014 di rumah kaca kebun percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta namun belum pernah dipublikasi di jurnal manapun.



## Bahan dan Alat

Bahan – bahan yang digunakan pada riset ini adalah : bibit *Azolla pinnata* , benih sawi varietas Tosakan, *polybag* dengan diameter 25 cm, pupuk anorganik Urea, kertas, SP-36, dan pupuk KCl, label, tanah media, 1 gram sampel tanah, 10 ml  $K_2Cr_2O_7$ , 10 ml  $H_2SO_4$ , 5 ml  $H_3PO_4$ , 1 ml DPA, dan 15 ml *aquades*, sulfat pekat, campuran selenium, 96,6 gr  $Na_2SO_4$ , asam borat 1%, 1,55 gram  $CuSO_4$  anhidrus, 1,55 gram selen, asam sulfat 0,05, N, NaOH 30%.

Alat-alat yang digunakan dalam riset ini: sekop, ember, karung atau gentong dekomposer, termometer, cangkul, sekop kecil , pengaduk, tabung reaksi, cepuk plastik, pH meter/pH stick, timbangan kasar, timbangan analitik, meteran/mistar, *Munsell color chart*, tali rafia, botol timbang , oven, buret dan nerac, penjepit botol timbangan, desikator, labu *kjeldahl* 100 ml, alat destruksi dan penyulingan, gelas ukur 50 ml dan 100 ml, *Erlenmeyer* 100 ml.

## Prosedur

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif percobaan rumah kaca (*Green House*) disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan menggunakan rancangan perlakuan faktor tunggal terdiri dari 7 perlakuan. Masing – masing perlakuan terdiri atas 3 ulangan (Sunandi et al., 2013)

Adapun susunan perlakuan sebagai berikut:

1. Perlakuan P1 : 120 kg N Urea/hektar ( 100 % kimia)
2. Perlakuan P2 : 100 kg N Urea + 20 kg N kompos *Azolla* /hektar
3. Perlakuan P3 : 80 kg N Urea + 40 kg N *Azolla* /hektar
4. Perlakuan P4 : 60 kg N Urea + 60 kg N *Azolla* /hektar
5. Perlakuan P5 : 40 kg N Urea + 80 kg N *Azolla* /hektar
6. Perlakuan P6 : 20 kg N Urea 100 kg N *Azolla* /hektar
7. Perlakuan P7 : 120 kg N kompos *Azolla pinnata*/hektar ( 100 % kompos *Azolla pinnata*)

Selanjutnya dengan demikian terdapat 7 unit perlakuan percobaan, tiap unit perlakuan percobaan terdiri atas 3 ulangan, setiap ulangan terdiri atas 5 unit tanaman yang terdiri atas 2 tanaman korban dan 3 tanaman sampel, sehingga total keseluruhan unit penelitian adalah 105 unit *polybag*.



## Analisis data

Ada tiga analisis yang dilakukan yakni analisis tanah, analisis kompos *Azolla pinnata* dan pengamatan budidaya tanaman sawi pada kondisi terkontrol. Parameter analisis tanah meliputi kadar lengas, C-Organik, N-Total tanah dan C/N Rasio dengan dasar formulasi sebagai berikut;

a. *Kadar lengas; (KL) = ( (b-c)/(c-a) x 100 %*

Keterangan,

- a = wadah ( tertutup)
- b = wadah + tanah sampel
- c = berat kering
- (b-c) = berat lengas tanah
- (c-a) = berat tanah kering mutlak

b. *Kadar C- organik ;*

$$\text{Kadar C - Organik (\%)} = \frac{(B - A) \times n \text{ FeSO}_4 \times 3}{\frac{100}{100+KL} \times \text{berat tanah (mg)}} \times 10 \times \frac{100}{77} \times 100 \%$$

Keterangan;

- A = FeSO<sub>4</sub> yang digunakan dalam titrasi baku dengan sampel tanah
- B = FeSO<sub>4</sub> yang digunakan dalam titrasi blank tanpa sampel tanah
- $\frac{100}{77}$  = Nisbah ketelitian antara metode volumetris dan oksidimetric

*Kadar BO (Bahan Organik)*

$$\text{Kadar BO (\%)} = \text{Kadar C- organik} \times \frac{100}{58} \%$$

Keterangan;  $\frac{100}{58}$  = Rata- rata kadar C pada bahan organik

*N- Total tanah*

$$\text{Kadar N (\%)} = \frac{(B-A) \times n \text{ NaOH} \times 14}{\frac{100}{100+KL} \times \text{berat tanah (mg)}} \times 100 \%$$

Keterangan:

- A = jumlah NaOH 0,1 N yang digunakan dalam titrasi baku
- B = jumlah FeSO<sub>4</sub> yang digunakan dalam titrasi blanko
- KL = kadar lengas contoh yang digunakan



## Parameter kompos

Parameter kompos meliputi warna, bau, dan tekstur (L. Sahwan, 2016).

## Pengamatan pertumbuhan dan perkembangan

Parameter pengamatan pertumbuhan tanaman meliputi pertumbuhan; tinggi tanaman (TT), jumlah daun (JD), luas daun (LD) (Sunandi et al., 2013), panjang akar (PA), berat segar akar, berat segar tanaman, berat kering daun, berat kering akar, dan berat kering tanaman. Laju Pertumbuhan Relatif (LPR) dan Laju Asimilasi Bersih (LAB).

Hasil pengamatan disidik ragam pada taraf  $\alpha = 5\%$  jika ada beda nyata, untuk menunjukkan rata-rata perlakuan yang berbeda maka dilakukan Uji Jarak Berganda *Duncan* pada taraf  $\alpha = 5\%$  dengan aplikasi SPSS. Data hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik, tabel, histogram, dan gambar.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisis Tanah (Kandungan N-Total Tanah)

Analisis tanah yang telah dilakukan adalah Kadar Lengas (KL), Kadar N Total Tanah, Kadar C- Organik Tanah dan C/N Rasio. Analisis dilakukan pra dan pasca penanaman tanaman sawi. Berdasarkan hasil analisa tanah jenis regosol (entisol) sebelum tanam di laboratorium dalam kondisi kering udara 0,5 mm diperoleh hasil KL 1,46 %, C- organik = 3,75% dan N total tanah = 0,21 % serta C/N Ratio = 17,86 sementara hasil pengukuran pasca penanaman dengan sawi dapat dilihat pada (Tabel 1) sebagai berikut;

**Tabel 1.** Hasil analisis C- organik, N-Total, C/N Rasio dan kelembaban tanah

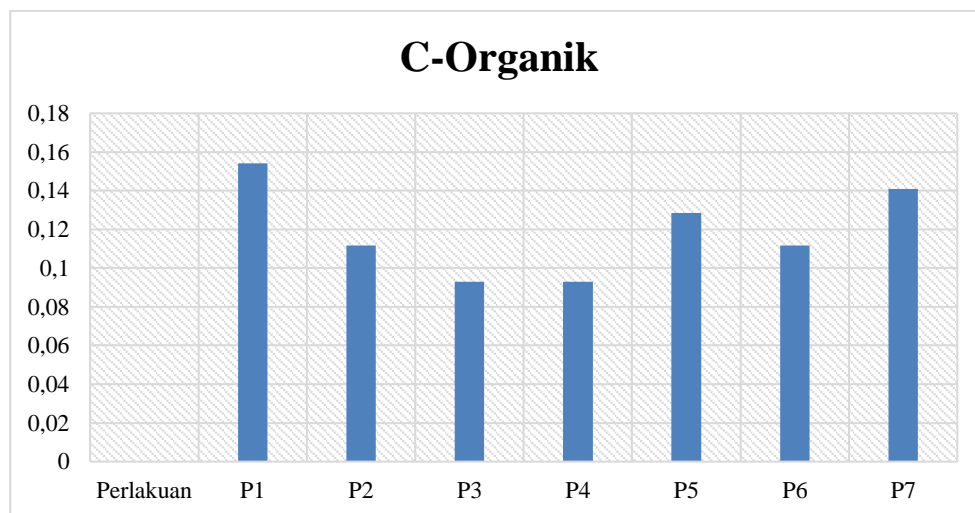
Perlakuan	C-Organik (%)	Deskripsi	N-Total (%)	Deskripsi	C/N Rasio	KL (Kering udara)
P1	3.42	High	0.24	Medium	14.25	3.28
P2	2.41	Medium	0.3	Medium	8.03	3.35
P3	2.14	Medium	0.23	Medium	9.3	3.18
P4	2.14	Medium	0.24	Medium	8.92	3.02
P5	2.65	Medium	0.25	Medium	10.6	3.02
P6	2.41	Medium	0.23	Medium	10.48	3.22
P7	3.23	High	0.33	Medium	9.79	3.65

Sumber : Laboratorium Ilmu Tanah & Kesuburuan Fakultas Pertanian UMY & Balai Penelitian Tanah Departemen Pertanian RI (2014)



- Keterangan : P1 = 120 kg N Urea/hektar  
P2 = 100 kg N Urea + 20 kg  
P3 = 80 kg N Urea + 40 kg  
P4 = 60 kg N Urea + 60 kg N Kompos *Azolla pinnata* /hektar  
P5 = 40 kg N Urea + 80 kg N Kompos *Azolla pinnata* /hektar  
P6 = 20 kg N Urea + 100 kg N Kompos *Azolla pinnata* /hektar  
P7 = 120 kg N *Azolla pinnata* /hektar

Kandungan karbon organik setelah dilakukan penanaman (Tabel 1) menunjukkan bahwa perlakuan P1 dan P2 merupakan karbon organik yang cukup tinggi. Fenomena tingginya C-organik pada perlakuan P7 = 100 % (Grafik 1) kompos *Azolla pinnata*; begitu juga dengan N- total tanah tertinggi pada perlakuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian Putri et al (2013) yang mana rentan kandungan C- organik pada tanah yang ideal adalah 2,5-4 % sehingga hasil penambahan kompos *Azolla pinnata* membuat stabilitas penurunan C-organik tidak cukup signifikan. Secara konsep menurut penelitian Arafah et al. (2017) peningkatan bahan organik sebanding dengan peningkatan C-organik pada tanah, namun dalam penelitian ini justru terjadi penurunan C- organik karena telah terpakai oleh mekanisme kompetisi area perakaran (*rhizosphere*) yang menerima eksudat dari tanaman dan eksistensi mikroba pengurai karbon; kondisi ini sangat mungkin karena penelitian dilakukan dalam kondisi terbatas (percobaan rumah kaca) yang terkontrol sehingga jumlah karbon segar juga terbatas (Raynaud 2010; Merino et al. 2015)



Grafik 1. Perbandingan kandungan C-organik tiap perlakuan pasca penanaman



## Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

**Tabel 2.** Rerata tinggi tanaman (TT), jumlah daun (JD), luas daun (LD), panjang akar (PA), berat segar tanaman (BST), berat segar tanaman (g), dan berat segar akar (BSA)

	TT(cm)	JD (helai)	LD (cm <sup>2</sup> )	PA (cm <sup>2</sup> )	BST (g)	BSA (g)
<b>Perlakuan</b>						
<b>P1</b>	38,07 a	11,25 a	1.506,8 a	26,39 c	196,67 b	22,58 a
<b>P2</b>	38,40 a	11,83 a	1.8710 a	35,33 b	222,22 ab	25,68 a
<b>P3</b>	40,43 a	11,58 a	1.4360 a	36,11 b	187,22 b	22,73 a
<b>P4</b>	39,93 a	12,58 a	1.7150 a	37,78 b	281,11 a	30,59 a
<b>P5</b>	38,82 a	12,92 a	1.625,4 a	36,56 b	235,56 ab	30,47 a
<b>P6</b>	40,14 a	12,25 a	1.575,8 a	40,83 ab	282,22 a	43,68 a
<b>P7</b>	38,62 a	12,33 a	1.600,7 a	47,06 a	286,66 a	41,19 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada tiap kolom yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan yang dicobakan pada taraf kesalahan 5%

Keterangan: P1 = 120 kg N Urea/hektar

P2 = 100 kg N Urea + 20 kg

P3 = 80 kg N Urea + 40 kg

P4 = 60 kg N Urea + 60 kg N Kompos *Azolla pinnata* /hektar

P5 = 40 kg N Urea + 80 kg N Kompos *Azolla pinnata* /hektar

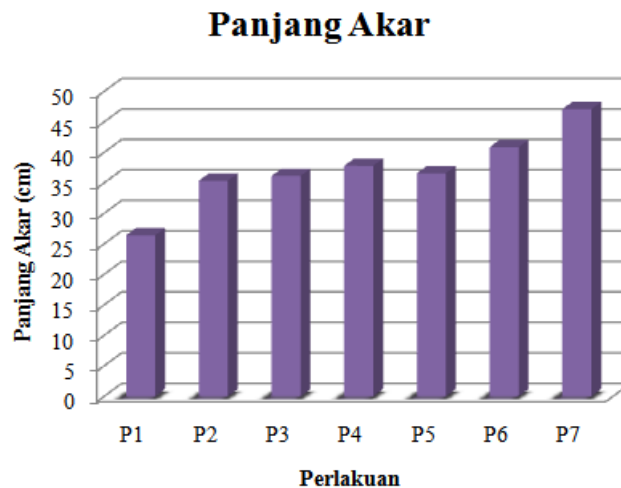
P6 = 20 kg N Urea + 100 kg Kompos *Azolla pinnata* /hektar

P7 = 120 kg N *Azolla pinnata*/hektar

Tabel 2 diatas menunjukkan bahwa panjang akar adalah pada P1 dan P7 sangat berbeda nyata dimana perlakuan terbaik pada P7 dengan 120 kg kompos *Azolla pinnata* sebagaimana terlihat pada Grafik 2. Hal ini salah satunya disebabkan karena terjadinya keterserapan unsur hara berada pada level optimal (Wang et al., 2023). Nitrogen yang cukup melimpah dari input kompos *Azolla pinnata* sebagai bahan organik menyebabkan aerasi tanah lebih baik dan menyebabkan tekstur gembur. Tanah yang gembur menyebabkan ujung perakaran akan mudah bertumbuh dan memanjang sehingga penyerapan unsur hara lebih maksimal (Epstein and Kohnke 1957; Alam et al. 2023)







Grafik 2. Diagram panjang akar (PA) pada 42 HST pasca analisis

## 2. Analisis Pertumbuhan

**Tabel 3.** Hasil analisis Laju Asimilasi Bersih (LAB) dan Laju Pertumbuhan Relatif (LPR)

Perlakuan	Laju Asimilasi Bersih (LAB)	Laju Pertumbuhan Relatif (LPR)
P1	0,03379 b	2,961 c
P2	0.13420 ab	13, 862 abc
P3	0,13516 ab	11, 955 abc
P4	0,03379 b	6,785 c
P5	0, 13528 ab	15,011 ab
P6	0,248880 a	21, 606 a
P7	0,07413 b	10, 609 abc

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada tiap kolom yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata antar perlakuan yang dicobakan pada taraf kesalahan 5%

Keterangan : P1 = 120 kg N Urea/hektar  
 P2 = 100 kg N Urea + 20 kg  
 P3 = 80 kg N Urea + 40 kg  
 P4 = 60 kg N Urea + 60 kg N Kompos *Azolla pinnata* /hektar  
 P5 = 40 kg N Urea + 80 kg N Kompos *Azolla pinnata* /hektar  
 P6 = 20 kg N Urea + 100 kg N Kompos *Azolla pinnata* /hektar  
 P7 = 120 kg N *Azolla pinnata* /hektar

### Laju Asimilasi Bersih (LAB)

Laju Asimilasi Bersih Pada Tabel 3 diatas menunjukkan adanya beda nyata antar perlakuan. Kemungkinan terbesar yakni adanya pemberian imbalanced pupuk mampu memberi pertumbuhan yang maksimal. Perlakuan P6 = 20 kg N Urea + 100 kg N Kompos *Azolla*



*pinnata*/ha berbeda nyata dengan perlakuan P1, P4 dan P7. Fenomena ini terjadi karena laju asimilasi sangat erat kaitannya dengan jumlah dan luas daun, dimana semakin kecil kedua parameter tersebut maka semakin kecil nilai LAB (Li et al., 2016). Pada perlakuan P6 kemungkinan besar terjadi konversi energi cahaya yang optimum oleh daun menjadi energi kimia dan mengakumulasi dalam bentuk biomassa (bahan kering) dalam proses fotosintesis sawi.

### **Laju Pertumbuhan Relatif (LPR)**

Laju pertumbuhan relatif merupakan kapabilitas tanaman dalam menghasilkan bahan kering asimilasi tiap satuan bobot kering awal tiap satuan waktu. Berdasarkan Tabel 3 LPR perlakuan P6 menunjukkan hasil yang relatif lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Kemampuan tanaman sawi dalam memproduksi berat kering (biomassa) berbeda tergantung tahap perkembangan dan ketersediaan unsur hara (Hoffmann & Poorter, 2002). Selain itu dapat juga disebabkan oleh berat kering tanaman dimana berat kering tanaman merupakan salah satu komponen krusial dalam formulasi pada LPR (Gillner et al., 2013). Tanaman sampel dipanen pada 42 HST yang dimana pada usia tersebut dipastikan tanaman Caisim sudah pada tahap siap panen dan memiliki cukup biomassa untuk dianalisis.

## **KESIMPULAN**

Efek substitusi kompos *Azolla pinnata* terhadap pertumbuhan tanaman Caisim yakni dapat memicu pertumbuhan akar dan berat segar tanaman secara efektif. Hasil analisis pertumbuhan menunjukkan perlakuan P6 dengan 20 kg N Urea + 100 kg kompos *Azolla pinnata* menghasilkan nilai Laju Asimilasi Bersih (LAB) dan Laju Pertumbuhan Relatif (LPR) yang paling optimal. Dengan demikian kompos *Azolla pinnata* berpotensi menggantikan sebagian atau keseluruhan kebutuhan nitrogen pada Caisim. Saran atas penelitian ini, perlu dilakukan penelitian pada uji coba di lapangan dengan kondisi budidaya pada lahan yang terbuka untuk kepentingan produksi.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta khususnya dosen dan staff laboran yang senantiasa memberikan bantuan dan dukungan hingga terselesaikannya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alam, S., Jawang, U. P., Masnang, A., Saputra, W. T. M., Carsidi, D., Aksan, M., Mutiara, C., Killa, Y. M., Indrawati, E., Nganji, M. U., & Bimasri, J. (2023). Dasar Dasar Ilmu Tanah. In Diana Purnama Sari (Ed.), *Get Press Indonesia* (1st ed.). Global Eksekutif Teknologi.
- Alfasane, A., Bhuiyan, R. A., Jolly, J. A., & Islam, S. (2019). Pteridophytic Record for Bangladesh. *Bangladesh Association of Plant Taxonomists*, 26(2), 325–327.
- Amini, Z., Dwirayani, D., & Eviyati, R. (2022). TESTING THE EFFECTIVENESS OF AZZOLA MICROPHYLLA LIQUID FERTILIZER AND TAKAKURA ORGANIC FERTILIZER ON THE GROWTH OF PALM PLANTS (*Brassica juncea*). *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*, 7(1), 35. <https://doi.org/10.32503/hijau.v7i1.2228>
- Arafah, M. S., Setiawati, M. R., & Nurbaity, A. (2017). Pengaruh Pupuk Organik (*Azolla pinnata*) terhadap C-Organik Tanah, Serapan N dan Bobot Kering Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) pada Tanah dengan Tingkat Salinitas Tinggi. *Jur. Agroekotek*, 9(1), 9–16.
- Epstein, E., & Kohnke, H. (1957). Soil Aeration as Affected by Organic Matter Application. *Soil Science Society of America Journal*, 21(6), 585–588. <https://doi.org/10.2136/sssaj1957.03615995002100060004x>
- Gillner, S., Rüger, N., Roloff, A., & Berger, U. (2013). Low relative growth rates predict future mortality of common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Forest Ecology and Management*, 302, 372–378. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.03.032>
- Goswami, S. P. (2022). *Azolla* : A High-Nitrogen Feed. *Agriculture & Food*, 4(May).
- Herath, B. M. M. D., Karunarathna, S. C., Ishaq, M., Wariss, H. M., & Yapa, P. N. (2023). *Azolla* as the multifunctional fern in organic agriculture: Prospects and challenges: A Review Article. *International Journal of Agricultural Technology*, 19(1), 63–82.
- Hermansyah, D., Patiung, M., & Wisnujati, N. S. (2021). Analisis Trend dan Prediksi Produksi dan Konsumsi Komoditas Sayuran Sawi (*Brassica Juncea* L) di Indonesia Tahun 2020 s/d 2029. *Jurnal Ilmiah Sosio Agribis*, 21(2), 34–46. <https://doi.org/10.30742/jisa21220211383>
- Hoffmann, W. A., & Poorter, H. (2002). Avoiding bias in calculations of relative growth rate.



*Annals of Botany*, 90(1), 37–42. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf140>

- L. Sahwan, F. (2016). Kualitas Produk Kompos Dan Karakteristik Proses Pengomposan Sampah Kota Tanpa Pemilahan Awal. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 11(1), 79. <https://doi.org/10.29122/jtl.v11i1.1225>
- Li, X., Schmid, B., Wang, F., & Paine, C. E. T. (2016). Net assimilation rate determines the growth rates of 14 species of subtropical forest trees. *PLoS ONE*, 11(3), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150644>
- Merino, C., Nannipieri, P., & Matus, F. (2015). Soil carbon controlled by plant, microorganism and mineralogy interactions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(2), 321–332. <https://doi.org/10.4067/s0718-95162015005000030>
- Putri, F. P., Sebayang, H. T., & Sumarni, T. (2013). ( *Pistia stratiotes* ) PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL PADI SAWAH ( *Oryza sativa* ) THE INFLUENCE OF N , P , K FERTILIZER , AZOLLA ( *Azolla pinnata* ) AND PISTIA ( *Pistia stratiotes* ) ON THE GROWTH AND YIELD OF RICE ( *Oryza sativa* ). 1(3), 9–20.
- Ratna, I. (2007). Fiksasi N Biologis pada Ekosistem Tropis. In *Makalah*. [http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2009/06/rhizobia\\_mklh\\_1.pdf](http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2009/06/rhizobia_mklh_1.pdf)
- Raynaud, X. (2010). Soil properties are key determinants for the development of exudate gradients in a rhizosphere simulation model. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(2), 210–219. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.10.019>
- Seleiman, M. F., Elshayb, O. M., Nada, A. M., El-Leithy, S. A., Baz, L., Alhammad, B. A., & Mahdi, A. H. A. (2022). Azolla Compost as an Approach for Enhancing Growth, Productivity and Nutrient Uptake of *Oryza sativa* L. *Agronomy*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy12020416>
- Sharma, A. R., & Mittra, B. N. (1991). Effect of different rates of application of organic and nitrogen fertilizers in a rice-based cropping system. *The Journal of Agricultural Science*, 117(3), 313–318. <https://doi.org/10.1017/S0021859600067046>
- Sudjana, B. (2014). Penggunaan azolla untuk pertanian berkelanjutan. *Jurnal Ilmiah Solusi*, 1(2), 72–81. <https://journal.unsika.ac.id/index.php/solusi/article/download/49/49/99>
- Sulaeman, Y., M., & Erfandi, D. (2017). Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik dan Anorganik terhadap Sifat Kimia Tanah, dan Hasil Tanaman Jagung di Lahan Kering Masam. *Jurnal Pengkajian Dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 20(1), 1. <https://doi.org/10.21082/jpntp.v20n1.2017.p1-12>
- Sunandi, E., Nugroho, S., & Rizal, J. (2013). Rancangan Acak Lengkap Dengan Subsampel. *E-Jurnal Statistika*, 80–101. <http://repository.unib.ac.id/id/eprint/2654>



Thapa, P., & Poudel, K. (2021). Azolla: Potential Biofertilizer for Increasing Rice Productivity, and Government Policy for Implementation. *Journal of Wastes and Biomass Management*, 3(2), 62–68. <https://doi.org/10.26480/jwbm.02.2021.62.68>

Wang, J., Zhang, X., Yuan, M., Wu, G., & Sun, Y. (2023). Effects of Partial Replacement of Nitrogen Fertilizer with Organic Fertilizer on Rice Growth, Nitrogen Utilization Efficiency and Soil Properties in the Yangtze River Basin. *Life*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/life13030624>

Zulaiha, A. R., Nurmalina, R., & Sanim, B. (2018). Fertilizer subsidy performance in Indonesia. *Journal of Business and Management Applications (JABM)* , 4(2), 271–271.

