



**PENGARUH LAMA FERMENTASI DAN KOMBINASI BIOFERTILIZER  
KOTORAN KAMBING DENGAN AB MIX TERHADAP PERTUMBUHAN  
KANGKUNG (*Ipomoea reptans Poir.*) DALAM SISTEM HIDROPONIK**

<sup>1\*</sup>Nurhayani H. Muhiddin, <sup>2</sup>Akhmad Syakur, <sup>3</sup>Putri Damayanti, <sup>4</sup>Sahrani U

<sup>1,2,3,4</sup>Universitas Negeri Makassar, Indonesia

\*Corresponding author E-mail: [nurhayani08@gmail.com](mailto:nurhayani08@gmail.com)

---

DOI : <https://doi.org/10.30605/fhw3zr91>

Accepted : 16 April 2026    Approved : 7 Mei 2026    Published : 8 Mei 2026

**Abstract**

Water spinach (*Ipomoea reptans Poir.*) is a leafy vegetable that is highly nutritious and has the potential to be cultivated using a hydroponic system with environmentally friendly organic fertilizers. This study aims to determine the effect of fermentation duration and the combination of goat manure biofertilizer with AB Mix on the growth of water spinach (*Ipomoea reptans Poir.*) in a hydroponic system. The biofertilizer was fermented for 7, 14, and 21 days, then applied to various treatment combinations. The results showed that 7-day fermentation produced the best results in the P125AB75 treatment, with an average leaf width of  $1.60 \pm 0.56$  cm and leaf length of  $5.37 \pm 1.05$  cm. Fourteen-day fermentation produced optimal growth in the P20AB100 treatment with a leaf width of  $2.13 \pm 0.15$  cm and a leaf length of  $5.35 \pm 0.59$  cm. Meanwhile, 21 days of fermentation showed the most significant results in the P30AB100 treatment with a leaf width of  $2.30 \pm 0.10$  cm and a leaf length of  $6.45 \pm 0.46$  cm. Increasing the fermentation period was proven to improve nutrient availability, enrich active metabolites, and stabilize organic compounds, thereby supporting more optimal vegetative growth of water spinach compared to pure manure. Thus, liquid biofertilizer from 21-day fermentation, especially in the P30AB100 combination, is the best treatment for enhancing water spinach growth in hydroponic systems.

**Keywords :** *biofertilizer, fermentation, goat manure, AB Mix, water spinach*

## PENDAHULUAN

Pertanian hidroponik di Indonesia berkembang pesat karena mampu menjawab tantangan keterbatasan lahan, degradasi kesuburan tanah, dan kebutuhan pangan yang semakin meningkat. Hidroponik merupakan salah satu metode populer karena sederhana, efisien, dan mudah diaplikasikan baik oleh petani maupun masyarakat umum. Metode ini memungkinkan tanaman memperoleh nutrisi secara langsung dari larutan hara sehingga pertumbuhan dapat lebih cepat dan produktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan sistem konvensional (Sutrisno & Hidayat, 2021). Selain itu, hidroponik dapat menghasilkan tanaman dengan kualitas yang lebih baik, higienis, dan bebas dari kontaminasi tanah, sehingga memiliki nilai ekonomi lebih tinggi (Putra et al., 2022).

Kangkung (*Ipomoea reptans* Poir.) merupakan salah satu sayuran daun yang sangat digemari di Indonesia karena rasanya enak, nilai gizinya tinggi, dan siklus pertumbuhannya relatif singkat. Permintaan kangkung di pasar tradisional maupun modern terus meningkat, sehingga budidaya kangkung secara intensif, termasuk melalui sistem hidroponik, menjadi peluang usaha yang menjanjikan. Kangkung juga dikenal responsif terhadap ketersediaan nutrisi, sehingga cocok dijadikan tanaman uji dalam penelitian terkait pemberian pupuk organik maupun anorganik (Wahyudi & Lestari, 2023).

Dalam sistem hidroponik, ketersediaan nutrisi menjadi faktor utama yang menentukan keberhasilan pertumbuhan tanaman. Nutrisi AB Mix merupakan larutan hara buatan yang diformulasikan secara seimbang untuk menyediakan unsur makro (N, P, K, Ca, Mg, S) dan unsur mikro (Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo) yang dibutuhkan tanaman (Gustaman & Jalil, 2025). Namun, penggunaan AB Mix murni dalam jangka panjang memiliki beberapa kelemahan, seperti biaya yang relatif mahal dan ketergantungan pada bahan kimia impor (Dewi et al., 2021). Oleh karena itu, pencarian alternatif yang lebih ramah lingkungan, murah, dan berkelanjutan sangat diperlukan.

Biofertilizer yang berasal dari kotoran kambing memiliki potensi besar sebagai sumber nutrisi organik untuk tanaman. Kotoran kambing mengandung nitrogen, fosfor, kalium, serta unsur hara mikro, dan

kaya akan mikroorganisme dekomposer yang berperan dalam ketersediaan unsur hara (Sari & Nugroho, 2022). Pupuk organik cair hasil fermentasi kotoran kambing mampu memperbaiki kualitas larutan hara karena meningkatkan aktivitas enzimatik dan menyediakan metabolit yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman (Putri et al., 2023). Pemanfaatan biofertilizer ini juga berkontribusi pada pengelolaan limbah peternakan, sehingga sejalan dengan konsep pertanian berkelanjutan.

Fermentasi merupakan salah satu tahapan penting dalam menghasilkan biofertilizer berkualitas. Lama fermentasi berpengaruh terhadap kandungan hara, pH, rasio C/N, dan populasi mikroba yang ada dalam larutan pupuk organik cair (Kurniawan & Astuti, 2021). Semakin lama proses fermentasi, umumnya kandungan nutrisi yang tersedia akan semakin stabil, meskipun terlalu lama dapat menurunkan kualitas karena berkurangnya aktivitas mikroba (Siregar et al., 2022). Oleh karena itu, pemilihan lama fermentasi yang tepat sangat penting untuk menghasilkan biofertilizer yang efektif mendukung pertumbuhan tanaman.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kombinasi pupuk organik cair dengan AB Mix dapat menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik dibandingkan penggunaan tunggal. Misalnya, penelitian pada bayam merah yang menggunakan pupuk organik cair berbasis limbah buah dikombinasikan dengan AB Mix menghasilkan pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan kontrol (Hidayah et al., 2022). Demikian juga, penelitian pada pakcoy menunjukkan bahwa kombinasi AB Mix dengan pupuk organik cair mampu meningkatkan jumlah daun dan bobot segar tanaman secara signifikan (Ningsih et al., 2023). Hasil-hasil ini menunjukkan bahwa integrasi pupuk organik dan anorganik dapat saling melengkapi dalam memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman.

Namun demikian, penelitian khusus mengenai kombinasi biofertilizer kotoran kambing dengan AB Mix pada tanaman kangkung hidroponik, terutama dengan memperhatikan variabel lama fermentasi, masih sangat terbatas. Padahal, kombinasi keduanya berpotensi menghasilkan

pertumbuhan yang optimal sekaligus menekan penggunaan pupuk anorganik murni (Handayani et al., 2024). Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui sejauh mana lama fermentasi dan kombinasi biofertilizer kotoran kambing dengan AB Mix memengaruhi pertumbuhan vegetatif kangkung dalam sistem hidroponik.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium IPA FMIPA UNM selama 3 bulan dari bulan September – November 2025. Proses penelitian meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

Tahap awal penelitian adalah menyiapkan seluruh peralatan dan bahan yang diperlukan. Bahan utama terdiri atas kotoran kambing, limbah sayuran, gula merah (molase), air, dan larutan starter mikroba (EM4). Peralatan yang digunakan antara lain wadah fermentasi, timbangan digital, pH meter, dan alat penyaring. Semua alat dipastikan dalam kondisi bersih dan siap digunakan sebelum proses fermentasi dimulai.

Biofertilizer diformulasikan dari campuran kotoran kambing dan limbah sayuran masing-masing sebanyak 1 kg yang dimasukkan ke dalam wadah fermentasi. Campuran ini ditambahkan 4 liter air, 400 g gula merah, dan 60 mL larutan EM4 sesuai perlakuan. Wadah fermentasi ditutup rapat untuk menciptakan kondisi anaerob, kemudian disimpan pada suhu ruang selama periode fermentasi tertentu (7, 14, dan 21 hari). Proses fermentasi ini bertujuan mengaktifkan mikroorganisme sehingga bahan organik terdekomposisi menjadi senyawa sederhana yang siap dimanfaatkan tanaman.

Biofertilizer yang telah difermentasi selanjutnya diaplikasikan pada tanaman kangkung (*Ipomoea reptans*) untuk semua perlakuan. Benih kangkung terlebih dahulu disemai pada media rockwool hingga berkecambah. Setelah bibit memiliki 3–4 helai daun sejati, bibit dipindahkan ke sistem hidroponik rakit apung yang telah diberi larutan perlakuan sesuai rancangan penelitian.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan, yaitu lama fermentasi biofertilizer (7, 14, dan 21 hari) serta kombinasi biofertilizer dengan larutan AB Mix. Perlakuan nutrisi dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 1. Perlakuan Nutrisi Biofertilizer dengan AB MIX

No	Perlakuan	
	%AB MIX	%Biofertilizer
1	Kontrol (100% AB MIX)	0
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	0	100

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali untuk setiap lama fermentasi, sehingga diperoleh 15 unit percobaan dengan denah sebagai berikut:

Tabel 2. Denah Percobaan

NO	Fermentasi (Hari)		
	7	14	21
	Kontrol	Kontrol	Kontrol
1	P125AB75	P250AB50	P325AB75
2	P150AB50	P225AB75	P350AB50
3	P175AB25	P275AB25	P375AB25
4	P1100AB0	P2100AB0	P3100AB0

Pengamatan dilakukan setiap minggu selama lima minggu setelah pindah tanam. Parameter yang diukur meliputi panjang daun dan lebar daun. Data hasil pengamatan dianalisis untuk mengetahui

pengaruh interaksi lama fermentasi dan kombinasi konsentrasi AB Mix dengan biofertilizer terhadap pertumbuhan vegetatif kangkung hidroponik.

## HASIL PENELITIAN

### Biofertilizer Fermentasi 7 Hari

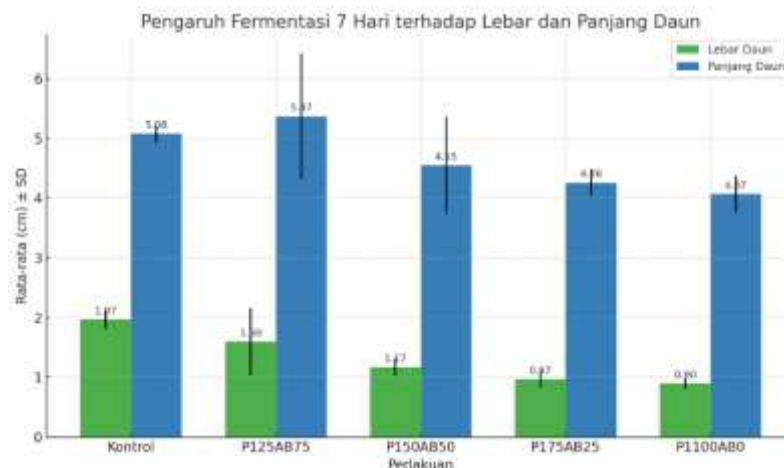
Hasil pengamatan terhadap parameter lebar dan panjang daun menunjukkan adanya perbedaan nyata akibat pemberian biofertilizer hasil fermentasi selama 7 hari dengan kombinasi perlakuan P1 yang dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil Pengamatan terhadap Parameter Lebar dan Panjang Daun Kangkung Pemberian Biofertilizer dengan AB MIX Fermentasi 7 Hari

No	Perlakuan	Rata-rata Lebar Daun	Rata-rata Panjang Daun
1	Kontrol	1.97 ± 0.15a	5.08 ± 0.14a
2	P125AB75	1.60 ± 0.56ab	5.37 ± 1.05a
3	P150AB50	1.17 ± 0.15bc	4.55 ± 0.81ab
4	P175AB25	0.97 ± 0.15c	4.26 ± 0.22b
5	P1100AB0	0.90 ± 0.10c	4.07 ± 0.30b

Pada parameter lebar daun, perlakuan kontrol menghasilkan rata-rata lebar daun tertinggi (1,97 ± 0,15a), sedangkan perlakuan P1100AB0 menunjukkan nilai terendah (0,90 ± 0,10c). Penurunan lebar daun seiring dengan meningkatnya proporsi pupuk kandang tanpa tambahan biofertilizer cair (AB) menunjukkan bahwa keberadaan biofertilizer fermentasi berperan penting dalam ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Fermentasi selama 7 hari diduga menghasilkan senyawa metabolit sekunder, hormon pertumbuhan (auksin, sitokinin, dan giberelin), serta mempermudah ketersediaan unsur hara mikro sehingga tanaman mampu mengembangkan jaringan daun lebih optimal. Namun, pada dosis pupuk kandang yang semakin tinggi tanpa dukungan biofertilizer cair, proses dekomposisi bahan organik cenderung belum stabil, yang berakibat pada pelepasan senyawa toksik atau ketidakseimbangan hara, sehingga pertumbuhan daun menjadi terhambat.

Hasil ini sejalan dengan teori Glick (2012) yang menyatakan bahwa mikroba dalam biofertilizer mampu menghasilkan fitohormon yang berperan dalam pembelahan dan pemanjangan sel, sehingga memengaruhi perkembangan daun. Selain itu, menurut Marschner (2012), ketersediaan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam bentuk yang lebih mudah diserap berhubungan erat dengan pertumbuhan organ vegetatif, termasuk lebar daun. Dengan demikian, keberadaan biofertilizer cair hasil fermentasi berfungsi sebagai bioaktivator yang mempercepat mineralisasi dan memperbaiki keseimbangan nutrisi dalam media tanam.



### Grafik 1. Grafik Pengaruh Fermentasi 7 Hari terhadap Lebar dan Panjang Daun

Pada parameter panjang daun, perlakuan P125AB75 menghasilkan panjang daun tertinggi ( $5,37 \pm 1,05a$ ), meskipun tidak berbeda nyata dengan kontrol ( $5,08 \pm 0,14a$ ). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian kombinasi pupuk kandang dan biofertilizer cair pada rasio seimbang mampu memberikan suplai hara makro (N, P, K) dan mikro yang cukup untuk mendukung pemanjangan sel daun. Sebaliknya, perlakuan P1100AB0 menunjukkan panjang daun terendah ( $4,07 \pm 0,30b$ ). Hal ini sejalan dengan hasil pada lebar daun, di mana tanpa tambahan biofertilizer cair, proses mineralisasi hara berjalan lambat, sehingga pertumbuhan vegetatif tidak optimal.

Temuan ini didukung oleh Suhastyo et al. (2017) yang melaporkan bahwa biofertilizer berbasis mikroba mampu meningkatkan serapan unsur N dan P, sehingga berimplikasi pada peningkatan panjang daun tanaman hortikultura. Selain itu, Zhang et al. (2019) juga menekankan bahwa kombinasi pupuk organik dengan biofertilizer dapat meningkatkan efisiensi pemupukan melalui peningkatan aktivitas mikroba rizosfer dan ketersediaan unsur hara secara berkelanjutan.

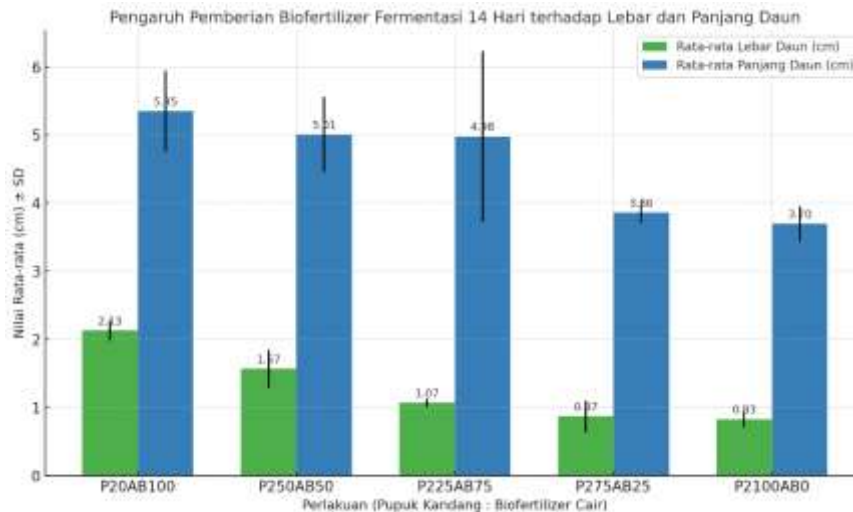
Secara keseluruhan, fermentasi selama 7 hari sudah mampu menghasilkan biofertilizer yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, khususnya pada kombinasi perlakuan P125AB75. Hal ini mengindikasikan bahwa durasi fermentasi tersebut cukup untuk mengoptimalkan aktivitas mikroba dalam menghasilkan metabolit aktif, menstabilkan unsur hara, dan meningkatkan kualitas biofertilizer. Dengan demikian, kombinasi pupuk kandang dan biofertilizer cair hasil fermentasi 7 hari berpotensi meningkatkan efisiensi pemupukan dan mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman.

### Biofertilizer Fermentasi 14 Hari

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kombinasi pupuk kandang (P) dan biofertilizer cair (AB) hasil fermentasi 14 hari memberikan pengaruh nyata terhadap rata-rata lebar dan panjang daun tanaman dapat dilihat pada tabel 3.2. Pada parameter lebar daun, perlakuan P20AB100 menghasilkan nilai tertinggi yaitu  $2,13 \pm 0,15a$ , sedangkan nilai terendah terdapat pada P2100AB0 sebesar  $0,83 \pm 0,12c$ . Hasil ini mengindikasikan bahwa semakin besar proporsi biofertilizer cair dalam kombinasi pemupukan, maka semakin optimal pula perkembangan jaringan daun. Sebaliknya, penggunaan pupuk kandang murni tanpa tambahan AB justru menurunkan ukuran daun. Pada parameter panjang daun, perlakuan P20AB100 juga menghasilkan panjang daun tertinggi ( $5,35 \pm 0,59a$ ), meskipun tidak berbeda nyata dengan P225AB75 ( $5,01 \pm 0,55a$ ) dan P250AB50 ( $4,98 \pm 1,25a$ ), sementara perlakuan P2100AB0 memberikan hasil terendah ( $3,70 \pm 0,26b$ ). Hal ini menegaskan bahwa kombinasi pupuk kandang dengan biofertilizer cair hasil fermentasi 14 hari lebih efektif dibandingkan penggunaan pupuk kandang dalam jumlah besar tanpa biofertilizer cair.

Tabel 4. Hasil Pengamatan terhadap Parameter Lebar dan Panjang Daun Kangkung Pemberian Biofertilizer dengan AB MIX Fermentasi 14 Hari

NO	Perlakuan	Rata-Rata Lebar daun	Rata-Rata Panjang daun
1	Kontrol	$2.13 \pm 0.15a$	$5.35 \pm 0.59a$
2	P250AB50	$1.57 \pm 0.28b$	$5.01 \pm 0.55a$
3	P225AB75	$1.07 \pm 0.06c$	$4.98 \pm 1.25a$
4	P275AB25	$0.87 \pm 0.23c$	$3.86 \pm 0.15b$
5	P2100AB0	$0.83 \pm 0.12c$	$3.70 \pm 0.26b$



Grafik 2. Grafik Pengaruh Fermentasi 14 Hari terhadap Lebar dan Panjang Daun

Fermentasi selama 14 hari memberikan waktu yang cukup bagi mikroorganisme untuk menyelesaikan proses dekomposisi bahan organik, menstabilkan unsur hara, dan menghasilkan metabolit aktif seperti hormon pertumbuhan (auksin, giberelin, sitokinin). Kondisi ini mempercepat ketersediaan unsur hara, khususnya nitrogen (N) yang sangat berperan dalam pembentukan klorofil dan perpanjangan sel daun, serta fosfor (P) dan kalium (K) yang mendukung pembentukan jaringan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Zhang et al. (2023) yang menyatakan bahwa biofertilizer mampu meningkatkan parameter fisiologis daun seperti konsentrasi klorofil dan indeks pertumbuhan daun melalui peningkatan ketersediaan nitrogen dan fosfor. Penelitian Ferreira et al. (2025) juga menunjukkan bahwa biofertilizer berperan dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif melalui peningkatan laju fotosintesis dan efisiensi penggunaan air. Temuan serupa dikemukakan oleh Mthiyane et al. (2024) bahwa kombinasi pupuk organik dan biofertilizer secara nyata meningkatkan tinggi tanaman, jumlah anakan, dan kandungan klorofil dibandingkan perlakuan tunggal. Selain itu, Dasgan et al. (2023) melaporkan bahwa suplementasi biofertilizer pada sistem hidroponik mampu meningkatkan area daun serta memperbaiki berat daun dan efisiensi fotosintesis, sedangkan Zafar et al. (2024) menegaskan bahwa formulasi biofertilizer yang lebih matang, seperti nanobiofertilizer, berperan dalam memperbaiki morfologi daun dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi lingkungan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biofertilizer hasil fermentasi 14 hari mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman, khususnya pada parameter lebar dan panjang daun. Perlakuan terbaik ditunjukkan oleh kombinasi P20AB100, yang mampu menghasilkan daun lebih lebar dan lebih panjang dibanding perlakuan lainnya. Hal ini memperkuat bahwa biofertilizer cair hasil fermentasi lebih lama memiliki kualitas lebih baik dibanding fermentasi singkat, serta dapat menjadi sumber pupuk organik yang efektif, ramah lingkungan, dan berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik.

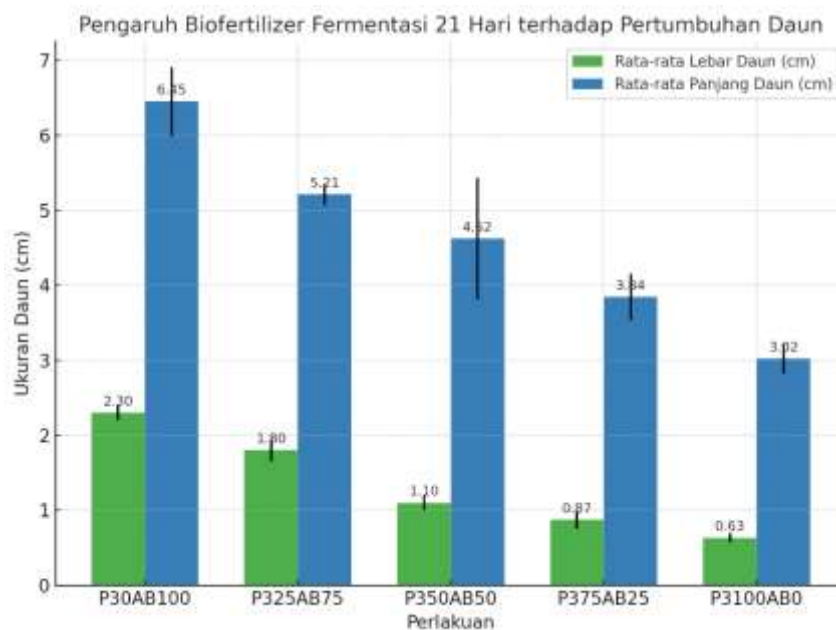
### Biofertilizer Fermentasi 21 Hari

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan biofertilizer hasil fermentasi 21 hari berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan lebar dan panjang daun dapat dilihat pada tabel 3.3. Perlakuan P30AB100 menghasilkan rata-rata lebar daun tertinggi (2.30 cm) dan panjang daun tertinggi (6.45 cm). Hal ini membuktikan bahwa komposisi pupuk kandang 30% dengan biofertilizer cair 100% merupakan kombinasi paling optimal dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Rahman et al. (2021) yang melaporkan bahwa biofertilizer cair dengan kandungan mikroba aktif mampu meningkatkan pertumbuhan daun melalui perbaikan ketersediaan hara.

Tabel 5. Hasil Pengamatan terhadap Parameter Lebar dan Panjang Daun Kangkung Pemberian Biofertilizer dengan AB MIX Fermentasi 21 Hari

No	Perlakuan	Rata-Rata Lebar daun	Rata-Rata Panjang daun
1	P30AB100	2.30 ± 0.10a	6.45 ± 0.46a
2	P325AB75	1.80 ± 0.15b	5.21 ± 0.14b
3	P350AB50	1.10 ± 0.10c	4.62 ± 0.81bc
4	P375AB25	0.87 ± 0.12d	3.84 ± 0.31c
5	P3100AB0	0.63 ± 0.06e	3.02 ± 0.20d

Sebaliknya, penurunan ukuran daun tampak jelas pada perlakuan dengan proporsi biofertilizer cair lebih rendah. Perlakuan P3100AB0 (hanya pupuk kandang tanpa biofertilizer) menghasilkan lebar daun terendah (0.63 cm) dan panjang daun terendah (3.02 cm). Hal ini menunjukkan bahwa biofertilizer cair memiliki peran kunci dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Tanpa tambahan biofertilizer, pupuk kandang murni membutuhkan waktu dekomposisi lebih lama sehingga pelepasan hara tidak seimbang bagi tanaman. Kondisi ini konsisten dengan temuan Siregar et al. (2022) yang melaporkan bahwa pupuk kandang tanpa bioaktivator seringkali melepaskan senyawa yang belum stabil sehingga menghambat pertumbuhan vegetatif.



Grafik 3. Peningkatan keterampilan sosial siswa pada skor total

Fermentasi selama 21 hari memungkinkan mikroorganisme bekerja lebih optimal dalam memecah bahan organik menjadi bentuk sederhana yang mudah diserap tanaman. Mikroba fermentasi menghasilkan metabolit aktif seperti auksin, sitokinin, dan giberelin yang berperan dalam pembelahan serta pemanjangan sel daun. Selain itu, proses fermentasi juga mempercepat mineralisasi bahan organik sehingga memperbaiki ketersediaan hara. Hal ini didukung oleh penelitian Yuliani et al. (2023) yang

menunjukkan bahwa biofertilizer fermentasi 21 hari memiliki kandungan N dan P yang lebih tinggi dibandingkan fermentasi singkat.

Jika dibandingkan dengan fermentasi 14 hari, fermentasi 21 hari memberikan hasil yang lebih baik terutama pada perlakuan optimal (P30AB100). Proses fermentasi yang lebih lama memungkinkan terjadinya stabilisasi senyawa organik dan pengayaan metabolit sekunder, sehingga pupuk cair lebih berkualitas. Namun demikian, pada perlakuan dengan proporsi biofertilizer cair rendah,

peningkatan hasil tidak signifikan. Kondisi ini sejalan dengan laporan Wijayanti & Nugroho (2020) yang menyebutkan bahwa waktu fermentasi yang terlalu singkat atau penggunaan biofertilizer dalam jumlah kecil menghasilkan pertumbuhan tanaman yang kurang optimal.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa biofertilizer hasil fermentasi 21 hari secara nyata meningkatkan pertumbuhan lebar dan panjang daun. Perlakuan terbaik adalah P30AB100, sedangkan perlakuan terendah adalah P3100AB0. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa biofertilizer fermentasi dapat menjadi alternatif pupuk organik cair yang ramah lingkungan serta berpotensi mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik. Rekomendasi ini juga diperkuat oleh Kumar et al. (2021) yang melaporkan bahwa penggunaan biofertilizer cair dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan pertanian.

#### SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, lama fermentasi biofertilizer berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan kangkung, khususnya pada parameter lebar dan panjang daun, di mana fermentasi 7 hari mampu meningkatkan pertumbuhan dengan perlakuan terbaik P125AB75 yang menghasilkan lebar daun  $1,60 \pm 0,56$  cm dan panjang daun  $5,37 \pm 1,05$  cm, fermentasi 14 hari menghasilkan pertumbuhan optimal pada perlakuan P20AB100 dengan lebar daun  $2,13 \pm 0,15$  cm dan panjang daun  $5,35 \pm 0,59$  cm, sedangkan fermentasi 21 hari menunjukkan hasil paling signifikan pada perlakuan P30AB100 dengan lebar daun  $2,30 \pm 0,10$  cm dan panjang daun  $6,45 \pm 0,46$  cm; hal ini menegaskan bahwa semakin lama proses fermentasi, kualitas biofertilizer semakin baik karena mikroorganisme memiliki waktu lebih optimal untuk menghasilkan metabolit aktif dan menstabilkan hara, sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif kangkung secara lebih efektif dibandingkan dengan pupuk kandang murni tanpa tambahan biofertilizer cair. Hal ini juga membuka peluang pemanfaatan biofertilizer sebagai alternatif pupuk ramah lingkungan yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia dan menjadi produk bernilai tambah.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Dasgan, H. Y., Kusvuran, S., Abak, K., Yildiz, M., & Tuna, A. L. (2023). Plant growth, yield and leaf area responses to biofertilizer supplementation in hydroponic systems. *Agronomy*, *13*(2), 575. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020575>
- Dewi, R., Saputra, A., & Rahman, H. (2021). Analisis penggunaan nutrisi AB Mix dalam budidaya sayuran hidroponik. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, *9*(2), 115–123.
- Ferreira, C. F., Prado, R. M., Júnior, V. C. S., Moreira, A., & Natale, W. (2025). Biofertilizer application improves plant growth, photosynthesis, and water use efficiency. *Agronomy*, *15*(3), 610. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030610>
- Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. *Scientifica*, *2012*, 963401. <https://doi.org/10.6064/2012/963401>
- Gustaman, A., & Jalil, M. (2025). Formulasi larutan hara AB Mix untuk peningkatan produktivitas tanaman hidroponik. *Jurnal Sains Pertanian Indonesia*, *20*(1), 45–53.
- Handayani, T., Prasetyo, D., & Raharjo, S. (2024). Kombinasi pupuk organik cair dan AB Mix terhadap pertumbuhan kangkung hidroponik. *Agrotekno*, *12*(3), 77–86.
- Hidayah, N., Ramadhan, I., & Kusuma, F. (2022). Pemanfaatan limbah buah sebagai pupuk organik cair untuk pertumbuhan bayam merah hidroponik. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika*, *7*(1), 25–34.
- Kumar, S., Patel, R., & Singh, A. (2021). Role of biofertilizers in sustainable agriculture: A review. *Journal of Agricultural Sciences*, *13*(2), 45–55.
- Kurniawan, A., & Astuti, R. (2021). Pengaruh lama fermentasi terhadap kualitas pupuk organik cair. *Jurnal Bioteknologi Pertanian*, *5*(2), 89–97.
- Marschner, P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press.

- Mthiyane, D. M., Mohale, K. C., Modiba, M. A., & Selepe, M. M. (2024). Integrating organic fertilizers with biofertilizers enhances plant growth, chlorophyll content, and soil fertility. *Sustainability*, *16*(21), 9297. <https://doi.org/10.3390/su16219297>
- Ningsih, W., Hasanah, I., & Putra, M. (2023). Kombinasi pupuk organik cair dan AB Mix terhadap pertumbuhan pakcoy hidroponik. *Jurnal Agrikultura Modern*, *14*(2), 150–158.
- Putra, D., Lestari, M., & Santoso, B. (2022). Analisis kualitas sayuran hidroponik dalam memenuhi kebutuhan pangan sehat. *Jurnal Agroteknologi*, *16*(1), 11–20.
- Putri, A., Nugraha, Y., & Sulastri, H. (2023). Pemanfaatan pupuk organik cair kotoran kambing terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura. *Jurnal Pertanian Organik*, *8*(1), 34–42.
- Rahman, H., Fauzi, R., & Lestari, A. (2021). Aplikasi biofertilizer cair dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman hortikultura. *Jurnal Biologi dan Pertanian*, *17*(1), 22–31.
- Sari, R., & Nugroho, W. (2022). Potensi kotoran kambing sebagai bahan dasar biofertilizer. *Jurnal Agroekologi Indonesia*, *10*(2), 66–74.
- Siregar, H., Munawar, M., & Yuliani, D. (2022). Kualitas pupuk organik cair berdasarkan lama fermentasi dan jenis bahan baku. *Jurnal Agroindustri*, *14*(1), 99–108.
- Suhastyo, A. A., Susilawati, S., & Nurhatika, S. (2017). Effect of biofertilizer on nitrogen and phosphorus uptake and growth of shallot (*Allium ascalonicum* L.). *International Journal of Agricultural Technology*, *13*(7.2), 1649–1658.
- Sutrisno, A., & Hidayat, N. (2021). Hidroponik sebagai solusi pertanian modern di Indonesia. *Jurnal Inovasi Pertanian*, *5*(3), 200–210.
- Wahyudi, P., & Lestari, K. (2023). Respons pertumbuhan kangkung terhadap pemberian nutrisi organik dan anorganik. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *28*(2), 145–153.
- Wijayanti, E., & Nugroho, W. (2020). Pengaruh lama fermentasi dan jenis aktivator terhadap mutu pupuk organik cair. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, *9*(2), 112–120.
- Yuliani, D., Hartati, N., & Pramono, S. (2023). Karakteristik pupuk organik cair hasil fermentasi dengan durasi berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *28*(3), 155–164.
- Zafar, S., Li, Y., Khan, I., Wu, L., & Rengel, Z. (2024). Nanobiofertilizers: An emerging approach to improve crop growth, stress tolerance, and soil health. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, *36*, 100576. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2024.100576>
- Zhang, H., Sun, Y., Xie, X., Kim, M. S., Dowd, S. E., & Pare, P. W. (2019). A soil bacterium regulates plant acquisition of iron via deficiency-inducible mechanisms. *Plant Journal*, *97*(5), 889–902. <https://doi.org/10.1111/tpj.14167>
- Zhang, Y., Zhou, Y., Zhang, F., Yang, L., & Wang, J. (2023). Effects of biofertilizer on physiological parameters and leaf growth of spinach. *PLOS ONE*, *18*(11), e0294349. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294349>