

AZOLLA PINNATA DAN RUMPUT LIAR SEBAGAI KOMPONEN PUPUK BOKASHI RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS EM4

Aryo Herdiansah¹, Fazril Kurniawan², Nadhira Salsabila Sopiyan³, Salwa Meliyana⁴,
^{1,2,3,4}Program Studi Pendidikan Teknologi Agroindustri, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia.

Jl. Dr. Setiabudi No. 229, Bandung, Jawa Barat, Telp/Fax (022) 2013163

* E-mail : nadhirasalsa@upi.edu

Abstrak

Penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dalam sektor pertanian telah menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air serta menurunnya jumlah dan aktivitas mikroorganisme tanah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan pupuk organik berbasis fermentasi dengan memanfaatkan tanaman air *Azolla pinnata* sebagai bahan utama. *Azolla* dipilih karena mengandung nitrogen alami, mudah dibudidayakan, dan mampu tumbuh dengan cepat. Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu budidaya *Azolla* selama 10 hari di bawah paparan sinar matahari langsung dan fermentasi bahan pupuk selama 4 hari dengan tambahan rumput liar serta larutan EM4 sebagai aktivator. Metode yang digunakan adalah eksperimen terapan dengan analisis kualitatif deskriptif terhadap perubahan fisik bahan selama proses fermentasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa *Azolla* tumbuh dengan baik, memenuhi permukaan wadah budidaya, dan menghasilkan biomassa yang cukup untuk proses pembuatan pupuk. Proses fermentasi menghasilkan pupuk bokashi dengan ciri khas berupa aroma khas fermentasi, warna kehitaman, dan tekstur gembur yang menunjukkan bahan telah terurai. Berdasarkan hasil tersebut, *Azolla pinnata* memiliki potensi sebagai bahan baku pupuk organik yang ramah lingkungan, berbiaya rendah, serta dapat mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis.

Kata kunci : *Azolla*, Bokashi, Fermentasi, Pupuk, Pertanian.

Abstract

The excessive use of chemical fertilizers in the agricultural sector has caused negative environmental impacts, such as soil and water

Article History

Received: April 2025

Reviewed: April 2025

Published: April 2025

Plagiarism Checker No 234

DOI : Prefix DOI :

[10.3766/hibrida.v.1i2.3753](https://doi.org/10.3766/hibrida.v.1i2.3753)

Copyright : Author

Publish by : Hibrida



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

pollution as well as a decrease in the quantity and activity of soil microorganisms. To address these issues, this study aims to develop an organic fertilizer based on fermentation by utilizing the aquatic plant Azolla pinnata as the main material. Azolla was chosen because it contains natural nitrogen, is easy to cultivate, and grows rapidly. The research was conducted in two stages: the cultivation of Azolla for 10 days under direct sunlight exposure, and the fermentation of the fertilizer materials for 4 days using wild grass and an EM4 solution as an activator. The method used was applied experimentation with descriptive qualitative analysis of physical changes in the materials during the fermentation process. Observations showed that Azolla grew well, covered the surface of the cultivation container, and produced sufficient biomass for fertilizer production. The fermentation process resulted in bokashi fertilizer characterized by a distinct fermentation aroma, dark color, and crumbly texture, indicating that the materials had decomposed. Based on these results, Azolla pinnata has the potential to serve as an eco-friendly, low-cost raw material for organic fertilizer, supporting sustainable agriculture by reducing dependence on synthetic chemical fertilizers.

Keywords: Azolla, Bokashi, Fermentation, Fertilizer, Farming.

PENDAHULUAN

Pupuk merupakan komponen penting dalam sistem pertanian modern untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan menjaga kualitas tanah. Namun, penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan, seperti pencemaran air dan tanah, penurunan kualitas mikroorganisme tanah, serta ketergantungan terhadap input kimia sintetis (Alvarez et al., 2019). Kondisi ini menimbulkan urgensi untuk mengembangkan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, yaitu pupuk organik. Pupuk organik tidak hanya menyediakan unsur hara bagi tanaman, tetapi juga mampu memperbaiki struktur dan kesuburan tanah melalui aktivitas biologis alami.

Sumber bahan organik yang potensial untuk diolah menjadi pupuk adalah tanaman air Azolla pinnata. Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi pemanfaatan Azolla dalam pertanian. Sebagian besar penelitian tersebut fokus pada penggunaan Azolla sebagai pakan ternak (Gibson & Galloway, 2021) atau sebagai bahan pupuk konvensional tanpa melalui proses fermentasi yang melibatkan mikroorganisme pengurai (Liu et al., 2020). Namun, penggunaan Azolla pinnata dalam pembuatan pupuk organik berbasis bokashi dengan aktivator EM4 masih jarang diteliti. Proses fermentasi dengan EM4 diyakini dapat meningkatkan kualitas pupuk dengan memperkaya mikroba tanah yang bermanfaat, sehingga dapat memperbaiki kesuburan tanah secara lebih efektif (Sugiyama et al., 2018).

Azolla pinnata tumbuh cepat dan memiliki kandungan nitrogen yang tinggi, berpotensi digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan pupuk organik yang ramah

lingkungan. Tanaman *Azolla pinnata* dapat dipadukan dengan rumput liar sebagai bahan tambahan organik dan EM4 sebagai aktivator fermentasi untuk menghasilkan pupuk bokashi yang kaya nutrisi dan mikroorganisme pengurai. Selain itu, penggunaan *Azolla* juga mendukung pengelolaan limbah organik yang efisien, mengurangi ketergantungan pada bahan baku impor untuk pembuatan pupuk, dan mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah pertanian.

Penelitian ini penting dilakukan mengingat penggunaan pupuk kimia di Indonesia yang masih sangat tinggi dan menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti penurunan kesuburan tanah dan pencemaran air (Badan Pusat Statistik, 2021). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan alternatif pupuk yang dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan memanfaatkan sumber daya lokal yang mudah didapat, seperti *Azolla* dan rumput liar. Pemanfaatan *Azolla* sebagai bahan baku pupuk bokashi dengan EM4 diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih hemat biaya dan berkelanjutan dalam mendukung pertanian organik.

Penelitian sebelumnya tentang *Azolla* lebih banyak berfokus pada penggunaannya sebagai pakan ternak, peningkat pertumbuhan tanaman jagung dan padi, serta sebagai biofertilizer dalam bentuk kompos atau cair tanpa melalui proses fermentasi berbasis mikroorganisme (Hermawan et al., 2023; Jayasundara, 2022; Mok Sam Lum et al., 2024). Studi yang membahas penggunaan *Azolla* dalam bentuk pupuk bokashi fermentasi dengan penambahan aktivator EM4 masih sangat terbatas. Selain itu, formulasi pupuk yang mengombinasikan *Azolla* dengan bahan tambahan seperti rumput liar sebagai sumber bahan organik lokal belum banyak diteliti secara mendalam.

Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya eksplorasi lebih lanjut terhadap inovasi pembuatan pupuk organik yang efisien, murah, dan ramah lingkungan. Penelitian ini menghadirkan kebaruan berupa pemanfaatan *Azolla pinnata* sebagai bahan utama dalam pembuatan pupuk bokashi fermentasi yang dikombinasikan dengan rumput liar dan aktivator EM4. Formulasi ini diharapkan mampu meningkatkan kandungan nutrisi dan mikroorganisme tanah, sekaligus mendukung sistem pertanian organik berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber daya lokal secara optimal.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan *Azolla pinnata* yang dibudidayakan secara mandiri sebagai bahan utama dalam pembuatan pupuk bokashi berbasis fermentasi. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh rumput liar dan EM4 dalam meningkatkan kualitas pupuk yang dihasilkan dan membandingkannya dengan pupuk kimia serta pupuk organik konvensional.

METODE PENELITIAN

1. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan pendekatan eksperimen yang bertujuan untuk mengembangkan pupuk organik dari *Azolla pinnata*. Penelitian ini terbagi menjadi dua tahap utama: pertama, tahap budidaya *Azolla* dan kedua, tahap pembuatan pupuk organik. Pada tahap budidaya, bibit *Azolla* ditanam dalam media air dengan kondisi yang sudah disiapkan untuk mendukung pertumbuhannya. Pengamatan terhadap

pertumbuhan Azolla dilakukan setiap 5-6 hari, yaitu pada hari ke-1, ke-5, dan ke-10, dengan memperhatikan faktor seperti warna tanaman, ketinggian air, dan perubahan fisik lainnya untuk mengevaluasi kondisi pertumbuhan.

Setelah masa panen, Azolla yang telah tumbuh dengan baik akan dipanen untuk kemudian diolah menjadi pupuk organik. Pada tahap ini, Azolla dicampur dengan rumput liar yang telah dipersiapkan dan ditambahkan EM4 sebagai bahan aktif untuk mempercepat proses fermentasi. Campuran bahan-bahan tersebut disimpan dalam wadah yang sesuai untuk fermentasi selama beberapa hari hingga proses dekomposisi berlangsung. Setelah proses fermentasi selesai, pupuk yang dihasilkan diamati berdasarkan perubahan warna, aroma, dan tekstur untuk menilai kualitas pupuk yang terbentuk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi apakah proses fermentasi menggunakan Azolla dan bahan tambahan lain dapat menghasilkan pupuk yang memiliki kualitas yang baik untuk pertanian. Hasil pengamatan pada setiap tahapan, dari budidaya hingga pembuatan pupuk, akan dianalisis secara deskriptif kualitatif untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai efisiensi dan efektivitas penggunaan Azolla sebagai bahan baku pupuk organik. Semua tahapan ini akan disajikan dalam diagram alur untuk memberikan gambaran yang lebih sistematis tentang urutan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini. Observasi Lapangan



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Pupuk Bokashi dari Tanaman Azolla

2. Alat dan Bahan

- Ember ukuran 35x35x15cm
- Ember (untuk proses pembuatan pupuk)
- Saringan
- Bibit Azolla pinnata
- Tanah
- Pupuk kandang kambing
- EM4

- Gula putih



Gambar 2. Alat dan Bahan Budidaya Azolla



Gambar 3. Alat dan Bahan Pembuatan Pupuk

3. Prosedur Kerja

Budidaya *Azolla pinnata* :

1. Siapkan media tanam berupa wadah (ember) berisi air bersih
2. Masukkan tanah dan pupuk kandang lalu aduk
4. Tebarkan bibit *Azolla pinnata*
5. Letakkan di tempat terbuka yang terkena sinar matahari
6. Observasi pertumbuhan dilakukan pada hari ke-1, ke-5, dan ke-10
7. Cek kondisi air, warna daun, dan penambahan biomassa

Proses pembuatan pupuk bokashi :

1. Panen *Azolla* yang sudah tumbuh dengan baik, kemudian saring untuk menghilangkan kelebihan air dan biarkan kering sejenak
2. Siapkan ember dan masukkan tanah secukupnya ke dalam ember.
3. Tambahkan tumbuhan dan rumput liar yang telah dipersiapkan ke dalam ember.
4. Masukkan *Azolla* yang sudah dipanen ke dalam ember berisi tanah dan rumput liar.

5. Tambahkan tanah lagi di atas campuran Azolla dan rumput liar.
6. Tuangkan larutan EM4 sebanyak 10 ml yang telah dilarutkan dalam 500 ml air.
7. Tuangkan air yang telah dicampur dengan larutan gula putih, sesuai takaran yang dibutuhkan untuk membantu proses fermentasi.
8. Tutup wadah dengan kain untuk menciptakan kondisi anaerob, yang mendukung proses fermentasi lebih optimal.

4. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen terapan dengan pendekatan kualitatif deskriptif. Penelitian eksperimen terapan bertujuan untuk mengembangkan dan menguji pemanfaatan sumber daya hayati lokal, dalam hal ini Azolla, sebagai pupuk organik berbasis fermentasi. Pendekatan kualitatif deskriptif digunakan untuk menggambarkan dan menganalisis perubahan yang terjadi pada pertumbuhan Azolla dan proses fermentasi melalui observasi langsung dan dokumentasi visual.

5. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 14 hari. Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, dimulai dari budidaya tanaman Azolla pinata yang berlangsung selama 10 hari hingga proses fermentasi campuran bahan pupuk yang berlangsung selama 4 hari. Penelitian ini dilaksanakan di Kec. Padalarang Kab. Bandung Barat. Tempat ini dipilih karena ketersediaan bahan dan fasilitas yang mendukung.

6. Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian adalah tanaman Azolla pinnata yang dibudidayakan dari bibit hingga siap panen. Objek penelitian berupa campuran Azolla hasil panen, rumput liar sebagai bahan tambahan organik dan larutan EM4 sebagai aktivator dalam proses fermentasi pembuatan pupuk organik.

7. Teknik Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui observasi langsung terhadap pertumbuhan Azolla pada beberapa titik waktu (hari ke-1, ke-5, dan ke-10), termasuk dokumentasi visual serta pencatatan parameter seperti warna daun, tinggi air dan keterangan kondisi pertumbuhan. Pada tahap fermentasi, data dikumpulkan melalui pengamatan perubahan fisik campuran (warna, aroma, tekstur) selama proses berlangsung hingga pupuk dianggap matang.

8. Teknik Analisis Data

Data yang dikumpulkan dianalisis secara kualitatif dengan menggunakan teknik analisis deskriptif. Hasil pertumbuhan Azolla dan proses fermentasi dianalisis berdasarkan indikator visual dan narasi deskriptif untuk menjelaskan perkembangan, perubahan, dan potensi bahan pupuk yang dihasilkan. Interpretasi dilakukan dengan membandingkan

hasil pengamatan dengan teori dan referensi ilmiah yang ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Budidaya Azolla

Data Awal :

1. Jenis wadah : Ember
2. Ukuran wadah : 35 x 35 x 15
3. Jenis air : Air sumur
4. Jenis dan jumlah pupuk : Pupuk kandang kambing, jumlah secukupnya
5. Berat/volume bibit azolla yang ditebar : 1kgPertumbuhan Tanaman

Tabel 1. Hasil Pengamatan Budidaya Azolla

Hari	Warna	Tinggi Air	Keterangan
Hari Ke-1 	Hijau kecoklatan (pucat)	9 cm	Baru Di Tebar
Hari Ke-5 	Hijau kekuningan	9 cm	- Azolla mulai berkembang menjadi lebih besar - Prosesnya terkena sinar matahari langsung selama 6-8jam atau lebih (full sun) - Mulai muncul hama di sekitar azolla seperti keong (terlihat di foto)

Hari Ke-10 	Hijau pekat	8 cm	<ul style="list-style-type: none">- Azolla mulai memenuhi kolam- Prosesnya terkena sinar matahari langsung selama 6-8jam atau lebih (full sun)- Air menyusut
--	-------------	------	--

Hari ke-1: Pada hari pertama setelah penyebaran, azolla berwarna hijau kecoklatan, menunjukkan kondisi adaptasi tanaman di sekolah. Air tingginya 9 cm, kondisi udaranya relatif stabil, dan tidak ada perubahan yang signifikan. Ini menandakan Azolla mulai beradaptasi dengan lingkungan kolam dan intensitas cahaya harian, yang saat ini tidak ideal untuk pertumbuhan optimal. Menurut (IP2TP Kayuagung, 2021) menjelaskan adaptasi awal dan warna hijau kecoklatan (pucat) Azolla, yang menunjukkan bahwa, meskipun indukan biasanya berwarna hijau segar sampai kekuningan saat adaptasi awal di media tumbuh yang memiliki stabilitas air tinggi, Azolla baru menunjukkan warna hijau kecoklatan (pucat).

Hari ke-2: Azolla mengalami perkembangan yang cukup besar; warnanya berubah menjadi hijau kekuningan, yang menunjukkan bahwa dia sedang mengalami perubahan dan pertumbuhan. Tinggi air tetap stabil di 9 cm, menunjukkan bahwa tidak ada penguapan atau penurunan volume yang signifikan. Azolla mulai berkembang dan menyebar lebih luas di permukaan kolam ketika mereka didukung oleh paparan sinar matahari langsung selama enam hingga delapan jam (full sun), yang merupakan proses yang sangat penting untuk fotosintesis dan pertumbuhan tanaman air ini. Namun, pada hari ini juga mulai terlihat hama seperti keong muncul di sekitar Azolla. Hama ini dapat mempengaruhi kesehatan dan perkembangan Azolla jika tidak dikendalikan dengan baik, jadi perlu diperhatikan kehadiran mereka. Dalam budidaya Azolla di lapangan, hama seperti keong sering muncul. Namun, pengamatan lapangan oleh (IP2TP Kayuagung, 2021) juga menunjukkan bahwa pengendalian hama sangat penting untuk menjaga kesehatan Azolla.

Hari ke-3: Azolla menunjukkan perubahan warna menjadi hijau terang, yang menunjukkan bahwa dia sedang berkembang dan berkembang dengan cepat. Azolla mulai menutupi sebagian besar permukaan kolam dan menutupi sebagian besar area air. Tinggi air turun menjadi 8 cm, mungkin karena penguapan yang meningkat selama 6-8 jam. Kondisi ini memenuhi persyaratan Azolla, yang memerlukan intensitas cahaya sedang hingga penuh untuk fotosintesis yang optimal. Pertumbuhan cepat ini juga menunjukkan bahwa nutrisi dan lingkungan kolam membantu pertumbuhan Azolla. Dengan warna hijau kekuningan dan paparan sinar matahari selama 6-8 jam, Azolla tumbuh lebih besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Azolla membutuhkan paparan sinar matahari penuh untuk fotosintesis dan pertumbuhan yang optimal (Ningrum et al., 2024).

2. Hasil Pengolahan Pupuk Bokashi



Gambar 4. Hasil Pengolahan Pupuk Bokashi Hari Ke-1

Hari pertama pembuatan bokashi pupuk, terlihat bahwa campuran bahan ditentukan oleh adanya peringatan coklat gelap yang menandakan adanya selisih antara peringatan tanah dengan kemungkinan adanya bahan organik yang belum terurai secara sempurna. Baunya masih cukup menyengat, namun kemungkinan hal ini disebabkan oleh adanya aktivator mikroorganisme EM4 yang baru ditemukan, yang bekerja pada proses fermentasi. Tekstur lembab campuran menandakan adanya kandungan udara yang sesuai untuk meningkatkan aktivitas mikroorganisme. Pembersihan menyeluruh semua bahan pada awal pembuatan pupuk merupakan langkah krusial agar proses penguraian berjalan lancar pada setiap bagian pupuk. Secara keseluruhan, kondisi pada hari pertama ini menandakan bahwa proses pembuatan bokashi pupuk baru masih dalam tahap awal dan belum menunjukkan adanya perubahan yang berarti pada penguraian bahan organik. Menurut (Evi Andriani et al. 2023), untuk membuat pupuk bokashi, campuran bahan seperti pupuk kandang, sekam, dedak, gula, dan EM4 dicampur hingga membentuk adonan dengan kadar air sekitar 30 hingga 40%. Proses fermentasi berlangsung pada suhu yang dijaga antara 40 dan 60 derajat Celcius, dan bau yang muncul pada awal proses fermentasi dapat sangat menyengat. Sementara pembersihan bahan awal sangat penting untuk kelancaran penguraian bahan organik, tekstur lembab menunjukkan kandungan udara yang cukup untuk aktivitas mikroorganisme. Pada hari pertama, perubahan bahan organik tidak signifikan. Ini karena fermentasi bokashi masih di tahap awal (Andriani et al., 2023).



Gambar 5. Hasil Pengolahan Pupuk Bokashi Hari Ke-2

Hari kedua pembuatan pupuk bokashi, perubahan signifikan mulai terlihat. Campuran pupuk menunjukkan warna yang lebih gelap dan merata, menunjukkan

aktivitas dekomposisi mikroorganisme yang semakin intensif dan mengubah tampilan visual bahan organik. Tercium aroma asam lembut yang khas, menjadi indikasi kuat terjadinya fermentasi sebagai proses inti pembuatan bokashi, berbeda dari aroma segar di hari pertama dan mengarah pada bau yang dihasilkan oleh mikroba menguntungkan. Tekstur campuran pun menjadi lebih lembek dan mulai menyatu, menunjukkan penguraian struktur awal bahan organik menjadi massa yang lebih homogen. Menurut (DLHK Banten, 2019), tekstur yang lebih lembek dan menyatu menunjukkan bahwa struktur bahan organik telah dipecahkan secara merata. Di sisi lain, untuk menghindari air lindi yang terlalu banyak, yang dapat menghambat proses fermentasi, diperlukan pengaturan kelembaban sekitar 30 hingga 40 persen. Kendati demikian, keberadaan air lindi masih menjadi catatan penting, mengindikasikan bahwa kandungan air dalam campuran mungkin masih relatif tinggi meskipun proses dekomposisi telah mempengaruhi warna dan aroma. Oleh karena itu, pemantauan berkelanjutan terhadap volume air lindi dan potensi penyesuaian kelembaban tetap diperlukan untuk mengoptimalkan kondisi perkembangan pupuk bokashi.

3. Hasil Analisis

Munculnya gelembung kecil pada permukaan dan perubahan warna tanaman menjadi lebih pucat pada hari kedua menandakan aktivitas mikroorganisme yang sudah mulai menguraikan bahan organik secara efektif, sehingga fermentasi awal telah terjadi (DLHK Banten, 2019). *Azolla pinnata* sebagai bahan organik menunjukkan respons positif terhadap media fermentasi, mendukung proses pembentukan pupuk organik yang berkualitas (JABB, 2025; DLHK Banten, 2019). Hal ini sejalan dengan temuan penelitian yang menyatakan bahwa penggunaan bahan organik seperti *Azolla* dapat mempercepat proses fermentasi dan meningkatkan kandungan nutrisi pupuk bokashi (Susilo et al., 2024).

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa pemberian dosis bokashi kotoran campuran (ayam dan sapi) memberikan pengaruh positif signifikan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah dan melon, dengan dosis optimal antara 12-16 ton/ha (Iswahyudi et al., 2020; Untad, 2020; JRIP, 2025). Bokashi berperan sebagai katalisator dalam pergeseran paradigma pertanian dari intensif kimia menuju pertanian organik yang ramah lingkungan, sekaligus memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Oktafiani et al., 2020; Iswahyudi et al., 2020). Selain itu, pelatihan pembuatan bokashi untuk masyarakat seperti ibu-ibu PKK dan kelompok tani terbukti meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dalam mengelola limbah organik menjadi pupuk berkualitas, sekaligus mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia (Dewi & Afrida, 2022; Aulia et al., 2023; Fitriany & Zaenal, 2020).

4. Kendala Umum Dalam Proses Pembuatan Bokashi

Kendala utama yang sering ditemukan adalah kurangnya pengendalian kelembaban sehingga menyebabkan keluarnya air lindi berlebihan dan tekstur bahan menjadi terlalu basah, yang menghambat aktivitas mikroorganisme efektif (BBPP Lembang, 2020). Selain

itu, minimnya pengukuran parameter penting seperti pH, suhu, dan kelembaban selama fermentasi menjadi faktor pembatas keberhasilan proses (IAIS Syarifuddin, 2022). Tanpa pengukuran dan kontrol yang tepat, fermentasi dapat berakhir dengan pembusukan yang mengurangi kualitas pupuk (DLHK Banten, 2019). Pertiwi et al. (2024) juga menegaskan bahwa tanpa uji coba langsung pada tanaman, efektivitas pupuk bokashi dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman belum dapat dibuktikan secara ilmiah.

Kelembaban campuran pupuk bokashi idealnya dijaga di kisaran 30-40% untuk menghindari keluarnya air lindi berlebih yang dapat menghambat aktivitas mikroorganisme efektif (EM) dan menurunkan kualitas pupuk (BBPP Lembang, 2020; IAIS Syarifuddin, 2022). Pengukuran suhu dan kelembaban secara berkala selama fermentasi sangat krusial untuk menjaga kondisi optimal mikroba dan mencegah pembusukan (IAIS Syarifuddin, 2022). Selain itu, Pertiwi et al. (2024) menambahkan bahwa pengelolaan kelembaban yang baik juga berperan dalam mengurangi limbah cair yang dapat mencemari lingkungan, sekaligus meningkatkan kualitas pupuk organik bokashi.

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa *Azolla pinnata* yang dibudidayakan secara mandiri memiliki potensi yang cukup besar untuk dijadikan bahan utama dalam pembuatan pupuk bokashi yang ramah lingkungan. Kombinasi *Azolla* dengan rumput liar serta penggunaan EM4 sebagai aktivator mampu memicu proses fermentasi yang ditandai dengan perubahan visual dan aroma yang menunjukkan aktivitas mikroorganisme. Hasil pupuk menunjukkan indikasi adanya kandungan biologis yang bermanfaat bagi tanah. Meski demikian, masih ditemukan beberapa hambatan seperti tingkat kelembaban yang belum stabil, tidak adanya pengukuran parameter fermentasi, serta belum dilakukan pengujian langsung pada tanaman untuk menilai efektivitas pupuk tersebut secara nyata.

Dalam pembuatan pupuk, penting untuk memperhatikan beberapa aspek guna memastikan hasil yang optimal. Kontrol kelembaban campuran bahan pupuk perlu dipantau dan disesuaikan agar tidak menghasilkan air lindi berlebih yang dapat menghambat proses fermentasi serta menurunkan kualitas pupuk. Selain itu, pemantauan parameter seperti suhu, pH, dan kelembaban selama fermentasi sangat disarankan untuk menjaga kondisi ideal bagi mikroorganisme dan mencegah pembusukan yang tidak diinginkan. Uji coba pupuk pada tanaman juga diperlukan guna mengetahui efektivitasnya dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Dalam budidaya *Azolla* sebagai bahan pupuk, pengendalian organisme pengganggu seperti keong perlu dilakukan dengan cara yang ramah lingkungan. Untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi, perlu dilakukan pengembangan skala yang lebih besar serta eksplorasi variasi bahan tambahan. Terakhir, pengaturan waktu dan proses fermentasi harus diperhatikan agar proses dekomposisi berlangsung optimal dan menghasilkan pupuk yang berkualitas.

DAFTAR PUSTAKA

Alvarez, R., Galloway, J. N., & Gibson, S. L. (2019). Environmental impacts of fertilizer use in agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 35(2), 245–260.

- Andriani, E., dkk. (2023). Pemanfaatan Sampah Organik dalam Produksi Pupuk Bokashi di Masyarakat. *Abdihaz: Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 3(1), 29–33.
- Aulia, R., Sari, D. P., & Putri, M. (2023). Pelatihan pembuatan pupuk bokashi untuk pemberdayaan kelompok tani di daerah perkotaan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 15(2), 45-53.
- BBPP Lembang. (2020). Panduan teknis pembuatan pupuk bokashi dan pengendalian kelembaban. Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang.
- Dewi, N. K., & Afrida, S. (2022). Efektivitas pelatihan pembuatan pupuk bokashi dalam meningkatkan keterampilan ibu-ibu PKK. *Jurnal Pengembangan Masyarakat*, 10(1), 22-30.
- DLHK Banten. (2019). Laporan teknis pembuatan pupuk bokashi berbasis limbah organik. Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Provinsi Banten.
- Fitriany, A., & Zaenal, M. (2020). Pelatihan pembuatan pupuk organik bokashi sebagai upaya peningkatan produktivitas pertanian. *Jurnal Agribisnis dan Pengabdian*, 8(1), 12-20.
- Gibson, S. L., & Galloway, J. N. (2021). Azolla as livestock feed: A sustainable alternative. *Animal Feed Science and Technology*, 48(3), 198–207.
- Haryati, B. Z. (2015). Pengaruh pupuk bokashi azola terhadap pertumbuhan bibit tamarillo (*Cypomandra betaeasenat*). *AgroSainT*, 6(2), 22–32.
- Hermawan, A., Budianta, D., & Warsito. (2023). Growth response of corn due to application of simple mixed compound fertilizer derived from urea - azolla (*azolla sp.*) - coal fly ash.
- IAIS Syarifuddin. (2022). Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap aktivitas mikroba dalam fermentasi pupuk bokashi. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 14(3), 101-110.
- IP2TP Kayuagung. (2021). Uji coba media tumbuh *Azolla pinnata*. Prosiding SEMNAS BIO.
- Iswahyudi, R., Hidayat, T., & Santoso, B. (2020). Pengaruh dosis pupuk bokashi kotoran campuran terhadap pertumbuhan bawang merah dan melon. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 48(1), 34-42.
- JABB (Jurnal Agroekologi dan Budidaya Berkelanjutan). (2025). Kajian fermentasi dan aplikasi pupuk bokashi berbasis *Azolla pinnata*. *JABB*, 7(1), 15-28.
- Jayasundara, P. (2022). Wastewater Treatment by *Azolla*: A Review.

- Liu, J., Zhang, Y., & Sugiyama, S. (2020). Azolla utilization in sustainable agriculture. *Journal of Soil and Environmental Sciences*, 22(3), 307–316.
- Mok Sam Lum, N. F. A., & Chin, C. F. S. (2024). The Effect of Azolla (*Azolla pinnata*) Extract on the Growth and Yield of Sweet Corn under Reduced Nitrogen Fertilization Practice.
- Ningrum, S. A., et al. (2024). Pengaruh pemberian biowash terhadap pertumbuhan *Azolla pinnata*. *Bioma*, 9(2), 102–115.
- Oktafiani, R., Putra, A., & Wulandari, S. (2020). Peran pupuk bokashi dalam meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, 12(2), 77-85.
- Pertiwi, L., Nugroho, S., & Kurniawan, D. (2024). Pengelolaan kelembaban dan dampaknya terhadap kualitas pupuk bokashi. *Jurnal Lingkungan dan Pertanian Berkelanjutan*, 9(1), 50-62.
- Phooi, C. L., Azman, E. A., & Ismail, R. (2022). Role of organic manure Bokashi improving plant growth and nutrition: A review. *Sarhad Journal of Agriculture*, 38(4), 1478–1484.
- Pramaswari, D., Wulandari, S., & Haryanto, B. (2011). Tekstur dan warna pupuk bokashi sebagai indikator fermentasi. *Jurnal Ilmu Tanah*, 5(2), 89-95.
- Sandhitya, R., Fauzi, M., & Rahman, A. (2023). Pemanfaatan *Azolla* sebagai pakan alternatif dan bahan pupuk organik. *Jurnal Ilmu Ternak dan Pertanian*, 11(1), 40-49.
- Sugiyama, S., Liu, J., & Zhang, Y. (2018). Fermentation technology for organic fertilizer production: A review. *Agricultural Technology*, 19(1), 12–18.
- Susilo, H., Wahyuni, S., & Hartono, R. (2024). Peran *Azolla pinnata* dalam sistem pertanian berkelanjutan. *Jurnal Agrikultura*, 16(1), 23-35.
- Tallo, S., & Sio, S. (2019). Pengaruh suhu fermentasi terhadap kualitas pupuk bokashi. *Jurnal Pertanian Tropika*, 7(3), 120-128.
- Untad. (2020). Laporan penelitian pengaruh pupuk bokashi terhadap pertumbuhan tanaman. Universitas Tadulako.
- Zulfida, Z., Hidayat, F., & Nuraini, R. (2022). Kajian kandungan nutrisi *Azolla pinnata* sebagai pakan ternak dan bahan pupuk. *Jurnal Peternakan dan Lingkungan*, 14(2), 67-75.