

Formulasi dan Uji POC Limbah Rebusan Ikan Teri Untuk Produktivitas Tanaman

Siti Holifah^{1*}, Yenni Arista Cipta Ekalaturrahmah²⁾,

¹⁾Agroteknologi, Universitas Islam Madura, Indonesia

²⁾Agrobisnis Perikanan, Universitas Islam Madura, Indonesia

*e-mail: ifa.nafa34@gmail.com

Received: 06-03-2025

Accepted: 29-04-2025

Published: 31-05-2025

ABSTRACT

Indonesia as a maritime country has great potential in the fisheries sector. However, fluctuations in fish catches, including anchovies, have an impact on the processing industry. Liquid waste from anchovy stew that has been wasted has the potential to be used as liquid organic fertilizer (POC). This study aims to analyze the best formulation in making POC from anchovy stew waste using various concentrations of EM4 probiotics. This research was conducted in the basic laboratory of Madura Islamic University and laboratory tests at Brawijaya University Malang in September-November 2024. 70 liters of liquid waste was fermented with five EM4 concentration treatments (5%, 10%, 15%, 20%, and 25%), each repeated three times. Fermentation lasted for three weeks, with observations of color, odor, temperature, and pH every other day. Laboratory test results showed that the best treatment was 5% EM4, with a nitrogen (N) content of 0.1257%. Although the nutrient content is still below the standard of MOA No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 (0.5 - 10%), this result still shows the potential of POC as an alternative fertilizer. The color of the fertilizer is brownish yellow, odorless, and stable at 30-30.4°C indicating that the fermentation process is running optimally. In conclusion, the best formulation for making POC from anchovy stew waste is the addition of 5% EM4. This research is expected to be a solution in industrial waste management.

Keywords: anchovy waste, EM4, fermentation, liquid organic fertilizer, nutrients

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara maritim memiliki potensi besar dalam sektor perikanan. Namun, fluktuasi hasil tangkapan ikan, termasuk ikan teri, berdampak pada industri pengolahannya. Limbah cair hasil rebusan ikan teri yang selama ini terbuang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair (POC). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis formulasi terbaik dalam pembuatan POC dari limbah rebusan ikan teri dengan menggunakan berbagai konsentrasi probiotik EM4. Penelitian ini dilakukan di laboratorium dasar Universitas Islam Madura dan uji laboratorium di Universitas Brawijaya Malang pada September-November 2024. Limbah cair sebanyak 70 liter difermentasi dengan lima perlakuan konsentrasi EM4 (5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%), masing-masing diulang tiga kali. Fermentasi berlangsung selama tiga minggu, dengan pengamatan warna, bau, suhu, dan pH setiap dua hari sekali. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa perlakuan terbaik terdapat pada EM4 5%, dengan kandungan nitrogen (N) 0,1257%. Meskipun kandungan unsur hara masih di bawah standar Permentan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 (0,5 - 10%), hasil ini tetap menunjukkan potensi POC sebagai pupuk alternatif. Warna pupuk yang kuning kecoklatan, tidak berbau, dan stabil pada suhu 30-30,4°C menandakan proses fermentasi berjalan optimal. Kesimpulannya, formulasi terbaik untuk pembuatan POC dari limbah rebusan ikan teri adalah dengan penambahan EM4 5%. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi dalam pengelolaan limbah industri perikanan serta meningkatkan nilai ekonomi limbah yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal.

Kata Kunci: EM4, fermentasi, limbah ikan teri, pupuk organik cair, unsur hara

I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki kekayaan sumber daya perikanan laut yang sangat besar dengan luas lautan yang mencakup hampir dua pertiga dari total wilayahnya, sektor perikanan menjadi salah satu tulang punggung perekonomian nasional. Menurut informasi yang dirilis oleh institusi statistik nasional pada tahun 2017, hasil perikanan di seluruh negeri mencapai lebih dari 23 juta ton. Dari jumlah tersebut, sekitar 6 juta ton berasal dari aktivitas penangkapan, sementara sisanya yang mendominasi (lebih dari 17 juta ton) merupakan kontribusi dari sektor budidaya (Perikanan, 2018). Sektor perikanan yang terus berkembang, terdapat fluktuasi dalam hasil tangkapan ikan, termasuk ikan teri. Pada tahun 2017, produksi ikan teri tangkap mencapai 247.708 ton, namun mengalami penurunan sebesar 2,49% dibandingkan tahun sebelumnya (Nainggolan et al., 2018).

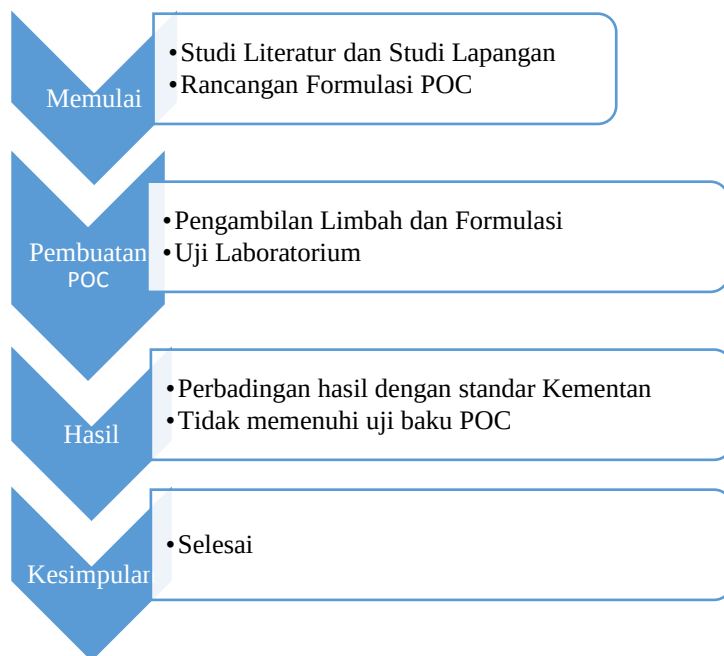
Penurunan hasil tangkapan ikan teri berimbas pada produksi olahan ikan di berbagai industri pengolahan, termasuk di CV. Darma Laut. Meskipun demikian, proses produksi tetap berjalan dan menghasilkan limbah cair dari rebusan ikan teri. Limbah cair selama ini terbuang begitu saja, padahal memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan menjadi produk bernilai ekonomis. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah mengolah limbah cair rebusan ikan teri menjadi pupuk organik cair (POC). Upaya sebelumnya dalam memanfaatkan air rebusan ikan teri sebagai bahan baku petis ikan tetapi kurang berhasil karena kondisi lingkungan pabrik yang kurang mendukung, oleh karena itu, diperlukan alternatif lain agar limbah tidak terbuang sia-sia. Limbah cair dari proses rebusan ikan teri memiliki kandungan protein, lemak, serta zat padat terlarut yang cukup tinggi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Hapsari and Welasi (2013), sisa-sisa ikan yang tidak terpakai memiliki potensi sebagai komponen dasar pembuatan pupuk alami, mengingat kandungannya yang kaya akan nutrisi penting seperti N, P, dan K, ditambah berbagai elemen mikro esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan optimal tanaman. Selain itu, pupuk organik cair memiliki keunggulan dibandingkan pupuk padat, karena lebih mudah diserap oleh tanaman melalui akar maupun daun (Marpaung, 2018). Berdasarkan potensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan limbah cair rebusan ikan teri dalam formulasi pupuk organik cair, dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat

memberikan solusi bagi pengolahan limbah industri perikanan serta meningkatkan nilai ekonomi dari limbah yang selama ini belum termanfaatkan secara optimal.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan September-November 2024 di laboratorium dasar Universitas Islam Madura dan uji N, P, K, C organik dilakukan di laboratorium Kimia Tanah Universitas Brawijaya Malang. Penelitian ini melalui beberapa tahapan seperti yang tertera dalam diagram Alir Penelitian yang tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Pengambilan Sampel Limbah Cair Rebusan Ikan Teri

Sampel limbah cair rebusan ikan teri diambil dari lokasi produksi ikan sebanyak ± 70 liter (Munawaroh et al., 2013). Setelah proses pengenceran probiotik, sampel dibawa ke tempat perlakuan fermentasi dan dibagi menjadi lima bagian dalam ember besar dengan perlakuan konsentrasi probiotik yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan Konsentrasi Probiotik

Perlakuan	Konsentrasi Probiotik	Volume Limbah Cair Rebusan Ikan Teri (mL)	Volume Probiotik (mL)	Total Volume (mL)
A	5%	4.750	250	5.000
B	10%	4.500	500	5.000
C	15%	4.250	750	5.000
D	20%	4.000	1.000	5.000
E	25%	3.750	1.250	5.000

2.3 Fermentasi

Limbah cair rebusan ikan teri dicampur dengan larutan probiotik dalam ember plastik tertutup sesuai dengan masing-masing perlakuan. Setiap campuran difermentasi secara terpisah. Fermentasi berlangsung selama tiga minggu dengan ember tertutup rapat. Pada hari pertama, dilakukan pengamatan awal terhadap volume, suhu, pH, warna, dan bau. Selama proses fermentasi, campuran diaduk setiap dua hari selama ± 2 menit, kemudian tutup ember dibuka untuk melepaskan gas hasil fermentasi. Pengamatan terhadap suhu, warna, bau, pH, dan volume dilakukan setiap dua hari sekali hingga pupuk cair terbentuk. Berikut perlakuan dalam penelitian fermentasi limbah cair rebusan ikan Teri yang tertulis pada Tabel 2.

Tabel 2. Perlakuan dalam Penelitian

Kombinasi Perlakuan	Konsentrasi Probiotik	Volume Probiotik (ml)	Volume Limbah Cair (ml)	Total Volume (ml)
A	5%	250	4.750	5.000
B	10%	500	4.500	5.000
C	15%	750	4.250	5.000
D	20%	1.000	4.000	5.000
E	25%	1.250	3.750	5.000
Total		3.750	21.250	25.000

Catatan:

- Setiap perlakuan diulang tiga kali.
- Total limbah cair rebusan ikan teri yang dibutuhkan: $21.250 \text{ ml} \times 3 = 63.750 \text{ ml}$ (63,75 liter).

- Total campuran probiotik: $3.750 \text{ ml} \times 3 = 11.250 \text{ ml}$ (11,25 liter).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perubahan Warna, Suhu, Bau, dan pH

Hasil pengamatan warna, suhu dan pH yang dilakukan diperoleh sebagai berikut yang tertera dalam Tabel 3. Semua perlakuan tidak memiliki perbedaan satu sama lain baik POC A, POC B, POC C, POC D dan POC E.

Tabel 3. Hasil Pengamatan Warna, suhu, Bau, pH

POC	Minggu Ke-	Pengamatan			
		Warna	Suhu (°C)	Bau	pH
A	0	1	30,4	1	5,4
	1	1	30	1	6,7
	2	1	30	2	7,3
	3	1	30	2	6,8
	4	3	30	3	6,6
B	0	1	30,4	1	5,4
	1	2	30	1	6,5
	2	3	30	1	7,5
	3	3	30	1	7,4
	4	3	30	3	7,3
C	0	2	30,4	1	5,4
	1	2	30	1	6,6
	2	3	30	1	7,5
	3	3	30	2	7,3
	4	3	30	3	7,3
D	0	2	30,4	1	5,4
	1	2	30	1	6,4
	2	2	30	1	7,5
	3	2	30	2	7,4
	4	3	30	3	7,3
E	0	2	30,4	1	5,4
	1	2	30	2	6,7
	2	2	30	2	7,4
	3	3	30	2	7,3
	4	3	30	3	7,1

Keterangan: a. Warna (1 putih keruh, 2 coklat kekuningan, 3 kuning. b. Bau (1 sangat bau, 2 agak bau, 3 tidak berbau).

3.1.1 Perubahan Warna

Pada minggu ke-0 hingga minggu ke-4 terlihat perubahan warna yang signifikan. Pada awal fermentasi (minggu ke-0), warna cairan keruh keputihan. Memasuki minggu ke-2 dan ke-3, warna berubah menjadi coklat kekuningan, lalu pada minggu ke-4 hampir semua perlakuan berubah

menjadi kuning. Namun, tingkat kejernihannya berbeda: POC A berwarna kuning lebih jernih, sedangkan POC E cenderung lebih keruh atau pekat. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan volume EM4 yang dicampurkan ke dalam limbah cair rebusan ikan teri. Menurut Hadisuwito (2007) dalam Nurlaila et al. (2019), ciri fisik pupuk cair yang baik adalah berwarna kuning kecoklatan dan bahan organiknya telah terurai sempurna.

3.1.2 Perubahan Suhu

Selama fermentasi, suhu rata-rata semua perlakuan stabil antara 30–30,4°C. Suhu ini termasuk dalam kisaran optimal fermentasi, yaitu 30–50°C. Suhu terlalu tinggi bisa membunuh mikroorganisme, sementara suhu rendah menyebabkan mikroorganisme menjadi dorman. Agar suhu tetap stabil, perlu dilakukan pengadukan selama proses fermentasi (Nurlaila, 2017). Menurut Yuniwati et al. (2012) dalam Marjannah et al. (2017), bakteri dalam EM4 tumbuh optimal pada suhu sekitar 40°C.

3.1.3 Perubahan Bau

Pada awal fermentasi, limbah berbau amis khas ikan teri. Namun, pada minggu ke-4 bau amis hilang dan beberapa perlakuan mengeluarkan aroma seperti tape. Ini menunjukkan bahwa proses fermentasi berjalan baik. Haryanto dan Muaddin (2014) dalam (Nurlaila, 2017) menyebutkan bahwa bau tape adalah salah satu ciri perubahan fisik POC yang telah terfermentasi.

3.1.4 Perubahan pH

Nilai pH pada minggu pertama masih tergolong asam (sekitar 5–5,4). Seiring berjalannya fermentasi, pH meningkat dan stabil pada minggu ke-2 hingga ke-4, yaitu sekitar 7–7,5, yang menunjukkan sifat basa. Menurut Munawaroh et al. (2013) dalam (Hasibuan et al., 2015), pH optimal untuk proses penguraian bahan organik berkisar antara 5,0–8,0. Nilai pH akhir fermentasi dalam penelitian ini masih sesuai dengan standar SNI dan Peraturan Menteri Pertanian, yaitu pH 4–8 (SNI No. 28/2009) dan pH 4–9 (Permentan No. 70/2011).

3.2 Hasil Uji Laboratorium Kimia Tanah

Hasil uji laboratorium terhadap kandungan nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan karbon organik (C-organik) dalam POC limbah rebusan ikan teri disajikan dalam Tabel 4. Berdasarkan hasil analisis, semua nilai unsur hara berada dalam kisaran

standar minimum yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Pertanian No. 28/SNI/Permentan/OT.140/2/2009, yaitu di bawah 2%.

Tabel 4. Hasil Uji Formulasi POC Limbah Cair Organik Ikan Teri

NO	KODE	C-Organik (%)*	N Total (%)*	P (%)*	K (%)*
1	POC A	0,5070	0,1257	0,0054	0,1673
2	POC B	0,4479	0,1126	0,0063	0,1693
3	POC C	0,5070	0,1096	0,0045	0,1472
4	POC D	0,4817	0,1029	0,0045	0,1434
5	POC E	0,4648	0,0959	0,0036	0,1453

Keterangan: Konsentrasi C Organik, Nitrogen (N), P (Phosfor), K (Kalium).

Sumber: *Peraturan Menteri Pertanian No. 28/SNI/Permentan/OT.140/2/2009, tentang pupuk organik, pupuk hayati dan pembenah tanah

Pupuk organik cair ini memenuhi standar baku mutu dengan nilai rata-rata unsur hara berkisar antara 0,0 - 0,1%. Dari lima perlakuan yang diuji, perlakuan A (EM4 5%) memiliki kandungan nitrogen tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Namun, jika mengacu pada standar baku mutu pupuk organik cair berdasarkan Permentan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019, nilai N, P, K, dan C-organik dalam POC limbah ikan teri belum memenuhi standar, karena baku mutu yang ditetapkan berada pada kisaran 0,5 - 10%.

Pupuk organik cair yang diformulasikan dari limbah rebusan ikan teri menunjukkan karakteristik kandungan nutrisi yang kompleks dan saling mendukung. Nitrogen (N) hadir dalam bentuk organik yang terurai secara bertahap, memberikan suplai nutrisi berkelanjutan bagi tanaman, terlihat dari warna larutan yang kecoklatan gelap dengan aroma fermentasi khas yang menandakan proses dekomposisi nitrogen berjalan optimal (Zalukhu et al., 2024). Fosfor (P) teridentifikasi dalam bentuk yang lebih tersedia dibandingkan pupuk sintetis, ditandai dengan tidak adanya presipitasi atau pengendapan saat pengujian stabilitas larutan, menunjukkan kelarutannya yang baik dalam media tanah (Manab et al., 2021). Kalium (K) hadir dalam bentuk ion-ion yang mudah diserap akar tanaman,

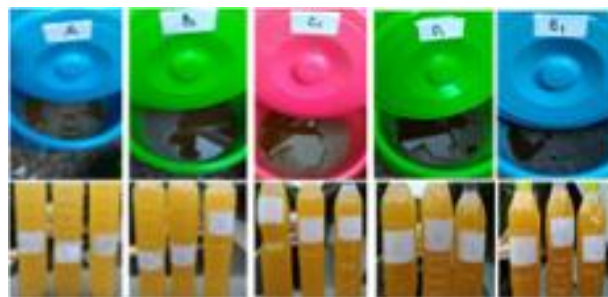
berkontribusi pada kekentalan larutan pupuk yang moderat, mengindikasikan keseimbangan konsentrasi yang baik (Suntari et al., 2021). Kandungan karbon organik (C) terlihat dari tekstur koloid pupuk yang stabil dengan pembentukan lapisan biofilm tipis pada permukaan saat penyimpanan, menandakan aktivitas mikroorganisme menguntungkan yang berperan dalam mineralisasi nutrisi (Hanifa & Lutojo, 2014). Kualitas fisik pupuk yang homogen dengan viskositas sedang dan pH yang cenderung netral hingga sedikit asam (6.0-6.5) menunjukkan ketersediaan optimal unsur hara mikro dan makro untuk penyerapan oleh tanaman, dengan karakteristik stabilitas yang baik pada penyimpanan suhu ruang hingga 3 bulan tanpa separasi fase atau pembentukan presipitat (Pandjaitan et al., 2024).

Peran Unsur Hara dalam Pupuk Organik Cair di antaranya:

- 1) Nitrogen (N): Berperan penting dalam pembentukan dan pertumbuhan daun, batang, dan akar. Kekurangan nitrogen dapat menyebabkan gangguan metabolisme yang ditandai dengan daun menguning (Manullang et al., 2014). Daun yang lebih luas meningkatkan fotosintesis, sehingga mempengaruhi tinggi tanaman dan diameter batang.
- 2) Fosfor (P): Berperan dalam pembentukan membran sel tanaman. Diperlukan untuk merangsang pertumbuhan akar, mempercepat pembungaan, serta sintesis lemak dan protein.
- 3) Kalium (K): Mempercepat proses asimilasi karbohidrat. Kekurangan kalium dapat menyebabkan daun keriput dan mengering (Hapsari & Welasi, 2013).
- 4) Karbon Organik (C-organik): Dipengaruhi oleh metode fermentasi, kualitas bahan organik (limbah ikan), dan aktivitas mikroorganisme seperti *Lactobacillus* sp. Dalam penelitian sebelumnya, C-organik tertinggi ditemukan pada perlakuan probiotik dengan konsentrasi 25 mL/L, yaitu 0,055%, yang masih lebih rendah dari standar Permentan Tahun 2009 (4,5%) (Dwicaksono et al., 2013). Konsentrasi C-organik dalam pupuk cair meningkat seiring waktu fermentasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fermentasi selama 1 bulan menghasilkan C-organik 0,4-0,5%, sesuai dengan standar baku mutu Permentan Tahun 2009. Diperkirakan, jika fermentasi dilakukan lebih lama, kandungan C-organik dalam POC akan semakin meningkat (Cesaria et al., 2014).

3.3 Warna POC Hasil Fermentasi

Warna larutan dalam ember menunjukkan kondisi fermentasi limbah cair rebusan ikan teri pada hari ke-0, yang tampak kecoklatan. Sementara itu, larutan dalam botol adalah hasil fermentasi yang telah berlangsung selama 30 hari/minggu ke 4 (Gambar 2). Menurut Endah et al. (2015), kualitas pupuk organik cair (POC) yang baik dapat dinilai dari perubahan warnanya selama fermentasi. Hadisuwito (2007) dalam Nurlaila (2017) menyatakan bahwa pupuk cair yang berkualitas memiliki ciri fisik berwarna kuning kecoklatan, menandakan bahan organik di dalamnya telah terfermentasi dengan baik. Sundari (2012) dalam Endah et al. (2015) menambahkan bahwa keberhasilan fermentasi POC ditandai dengan munculnya lapisan putih di permukaan, bau khas, serta perubahan warna menjadi coklat. Lapisan putih tersebut merupakan *Actinomycetes*, sejenis jamur yang tumbuh setelah pupuk terbentuk.



Gambar 2. Warna Formulasi POC setelah Difermentasikan

Pupuk organik cair hasil fermentasi limbah rebusan ikan teri menampilkan karakteristik visual yang khas, dengan warna coklat kehitaman yang pekat dan konsisten di seluruh larutan. Gradasi warna yang gelap ini mengindikasikan tingkat kematangan fermentasi yang optimal, dimana terjadi degradasi sempurna bahan organik oleh mikroorganisme pengurai. Nuansa kemerahan samar yang terlihat ketika larutan diletakkan di bawah cahaya menunjukkan keberadaan kompleks organik-mineral yang terbentuk selama proses fermentasi (Cholisoh et al., 2023), khususnya senyawa humat yang berikatan dengan unsur besi. Transparansi rendah dengan kilau yang agak berminyak pada permukaan mencerminkan kandungan lemak dan protein terlarut yang berasal dari ikan teri (Holifah, 2019). Ketika dioleskan tipis pada permukaan kaca bening, terlihat pola granular mikroskopis yang homogen, menandakan stabilitas koloid dan tidak adanya flokulasi atau pengendapan komponen aktif.

Intensitas warna yang tidak memudar setelah dilakukan pengenceran 1:10 menunjukkan konsentrasi tinggi senyawa organik terlarut dan kestabilan pigmen alami, yang secara tidak langsung mengindikasikan aktivitas enzimatis yang berkelanjutan dan keberadaan asam-asam organik bermanfaat hasil metabolisme mikroba yang berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Mansyur et al., 2021).

Perubahan bau dari amis ikan teri pada hari ke-0 hingga tidak berbau pada hari ke-30 menunjukkan bahwa proses fermentasi berlangsung dengan baik. Menurut Haryanto dan Muaddin (2014) dalam (Nurlaila, 2017) (Nurlaila, 2017), salah satu perubahan fisik pada pupuk organik cair (POC) adalah perubahan bau menjadi seperti bau tape, yang sesuai dengan hasil fermentasi dalam penelitian ini.

Selama fermentasi, suhu tetap stabil dengan rata-rata 30-30,4°C dari minggu pertama hingga minggu keempat. Suhu optimal untuk fermentasi pupuk organik berkisar 30-50°C. Jika suhu terlalu tinggi, mikroorganisme akan mati, sedangkan jika terlalu rendah, mikroorganisme masih dalam kondisi dorman dan belum bekerja secara optimal. Aktivitas mikroorganisme menghasilkan panas sehingga suhu tetap stabil. Untuk menjaga fermentasi berjalan optimal, dilakukan pengadukan secara berkala (Nurlaila, 2017). Menurut Yuniwati et al. (2012) dalam (Marjenah et al., 2018), bakteri dalam probiotik tumbuh optimal pada suhu sekitar 40°C. Semakin tinggi suhu hingga mencapai 40°C, semakin efektif aktivitas bakteri dalam proses fermentasi.

IV. KESIMPULAN

Formulasi terbaik untuk pembuatan pupuk organik cair dari air rebusan ikan teri adalah dengan penambahan EM4 5%, yang menghasilkan kandungan nitrogen 0,1257% menunjukkan potensi sebagai pupuk organik. Kandungan ini cukup baik untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Penambahan EM4 mempercepat fermentasi, memperbaiki bau, warna, dan kestabilan suhu. Proses ini menunjukkan bahwa mikroorganisme bekerja optimal dalam mengurai bahan organik dari limbah ikan. Temuan ini memberikan wawasan baru pemanfaatan limbah air rebusan ikan teri yang sebelumnya dibuang kini bisa diolah menjadi pupuk cair bernilai.

Kendala yang selama melakukan penelitian ialah bau menyengat dari bahan baku (air rebusan

ikan teri) yang menyulitkan proses fermentasi dan memerlukan ruang kerja dengan ventilasi baik. Ketidakstabilan suhu dan pH selama proses fermentasi yang memengaruhi hasil akhir, terutama pada kandungan nutrisi pupuk. Keterbatasan waktu fermentasi yang mungkin belum cukup untuk mencapai komposisi pupuk optimal, terutama unsur hara mikro. Keterbatasan alat pengujian laboratorium, sehingga pengujian lebih dalam seperti kandungan unsur mikro, keberadaan mikroorganisme fungsional, dan daya simpan belum dilakukan secara menyeluruh.

Beberapa rencana langkah/tindak lanjut pada hasil penelitian ini adalah optimasi waktu dan kondisi fermentasi, misalnya dengan uji coba waktu fermentasi 14, 21, dan 30 hari untuk melihat pengaruhnya terhadap kualitas pupuk. Pengujian lanjutan unsur hara seperti fosfor (P), kalium (K), dan unsur mikro lain (Ca, Mg, Zn) agar formulasi bisa lebih seimbang. Uji efektivitas aplikasi di lapangan terhadap pertumbuhan tanaman (misalnya sayuran daun) untuk menilai manfaat langsung pupuk yang dihasilkan. Perbaikan formulasi bau dan stabilitas, misalnya dengan tambahan bahan penetral bau seperti molase, arang aktif, atau fermentasi sekunder.

DAFTAR PUSTAKA

- Cesaria, R. Y., Wirosoedarmo, R., & Suharto, B. (2014). Pengaruh penggunaan starter terhadap kualitas fermentasi limbah cair tapioka sebagai alternatif pupuk cair. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(2), 8-14.
- Cholisoh, S. N., Ibrahim, A. M., Sari, P., & Yulianti, N. (2023). Sintesis Dan Karakterisasi Pupuk Organik Cair Dari Limbah Cair Produksi Tahu Di Kota Cilegon Dengan Penambahan Abu Sabut Kelapa, Serta Aplikasinya Pada Tanaman. *Jurnal Beta Kimia*, 3(2), 44-56.
- Dwicaksono, M. R. B., Suharto, B., & Susanawati, L. D. (2013). Pengaruh penambahan effective microorganisms pada limbah cair industri perikanan terhadap kualitas pupuk cair organik. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(1), 7-11.
- Endah, A. S., Suyadi, A., & Budi, G. P. (2015). Pengujian beberapa metode pembuatan bioaktivator guna peningkatan kualitas pupuk organik cair. *Agritech: Jurnal*

Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto, 17(2).

- Hanifa, A., & Lutojo, L. (2014). Penggunaan pupuk organik berbahan urine sapi terhadap kualitas kimia tanah di Lereng Merapi. *Buana Sains*, 14(2), 157-163.
- Hapsari, N., & Welasi, T. (2013). Pemanfaatan limbah ikan menjadi pupuk organik. *Jurnal teknik lingkungan*, 2(1), 1-6.
- Hasibuan, M., Budijono, B., & Harahap, S. (2015). *N, P and K Content in the EM4 fermented made from mixed fish market and tofu industry liquid wastes to the growth of azolla microphylla* Riau University].
- Holifah, S. (2019). Pengolahan limbah air rebusan ikan teri menjadi pupuk organik cair dan aplikasinya terhadap hasil tanaman bayam (*Amaranthus sp.*). *Agromix*, 10(2), 100-113.
- Manab, A., Rahayu, P. P., Andriani, R. D., Apriliyani, M. W., Sawitri, M. E., & Umam, K. (2021). *Ilmu Susu*. Universitas Brawijaya Press.
- Mansyur, N. I., Pudjiwati, E. H., & Murti Laksono, A. (2021). *Pupuk dan pemupukan*. Syiah Kuala University Press.
- Manullang, G. S., Rahmi, A., & Astuti, P. (2014). Pengaruh jenis dan konsentrasi pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica juncea L.*) varietas tosan. *Agrifor*, 13(1), 33-40.
- Marjenah, M., Kustiawan, W., Nurhifitiani, I., Sembiring, K. H. M., & Ediyono, R. P. (2018). Pemanfaatan limbah kulit buah-buahan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik cair. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 1(2), 120-127.
- Marpaung, A. E. (2018). Pemanfaatan jenis dan dosis pupuk organik cair (poc) untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil sayuran kubis. *Jurnal Agroteknosains*, 1(2).
- Meriatna, M., Suryati, S., & Fahri, A. (2018). Pengaruh waktu fermentasi dan volume bio aktivator EM4 (effective microorganisme) pada pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah buah-buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7(1), 13-29.
- Munawaroh, U., Sutisna, M., & Pharmawati, K. (2013). Penyisihan parameter pencemar lingkungan pada limbah cair industri tahu menggunakan efektif mikroorganisme 4 (EM4) serta pemanfaatannya. *Jurnal Reka Lingkungan*, 1(2), 93-104.
- Nainggolan, H., Rahmantya, K., Asianto, A., Somad, W., Wahyuni, T., Wibowo, D., & Zunianto, A. (2018). Satu Data Produksi Kelautan dan Perikanan Tahun 2017. In: Jakarta: Pusat Data, Statistik, dan Informasi.
- Nurlaila, N. (2017). Degradasi kandungan nitrogen pada pupuk organik cair selama dalam penyimpanan. *Buletin Loupe*, 14(02), 331125.
- Pandjaitan, C. T. B., Juwaningsih, E. H., Hasan, A., & Silab, D. C. (2024). Pemanfaatan Limbah Cair Tahu dan Daun Gamal sebagai Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Pare. Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian,
- Perikanan, K. K. (2018). Produktivitas Perikanan Indonesia. Forum Merdeka Barat 9 Kementerian Komunikasi dan Informatika,
- Suntari, R., Nugroho, G. A., Fitria, A. D., Nuklis, A., & Albarki, G. K. (2021). *Teknologi Pupuk dan Pemupukan Ramah Lingkungan*. Universitas Brawijaya Press.
- Zalukhu, E. K., Waruwu, P. Z. F., Halawa, J. C., Zebua, T. W. a., & Lase, N. K. (2024). Pembuatan Ekstraksi Nitrogen ZPT Alami Untuk Kebutuhan Pupuk Pada Tanaman. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(2), 22-29.