

# Pemanfaatan Eco-Enzyme sebagai Koagulan dan Pupuk Ramah Lingkungan

Miranda Putri Arianti, Tuhu Agung Rachmanto\*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

\*Koresponden email: tuhu.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 04 November 2024

Disetujui: 13 November 2024

## Abstract

Environmental issues related to waste management and the need for sustainable agriculture have driven the search for eco-friendly alternatives. This study explores the utilization of eco-enzyme as a coagulant and organic fertilizer. Eco-enzyme, produced through fruit peel fermentation, was tested for its effectiveness in particle sedimentation in wastewater and enhancing soil fertility. The research employed an experimental approach, using jar test for coagulation and applying eco-enzyme as a liquid fertilizer on plants. Results indicate that eco-enzyme is less effective as a coagulant due to an increase in Total Suspended Solids (TSS) and water turbidity. However, eco-enzyme made from dragon fruit peel (U3) met the liquid organic fertilizer standards with appropriate C, N, P, and K levels, significantly improving soil fertility and plant growth. In conclusion, eco-enzyme has potential as an eco-friendly organic fertilizer but is less effective in coagulation functions.

**Keyword:** *eco-enzyme, coagulant, organic fertilizer, waste management, total suspended solids (tss), water quality, fermentation*

## Abstrak

Permasalahan lingkungan terkait pengelolaan limbah dan kebutuhan akan pertanian berkelanjutan mendorong pencarian alternatif ramah lingkungan. Penelitian ini mengeksplorasi pemanfaatan eco-enzyme sebagai koagulan dan pupuk organik. Eco-enzyme, yang dihasilkan melalui fermentasi kulit buah, digunakan untuk uji efektivitas pengendapan partikel dalam air limbah dan peningkatan kesuburan tanah. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan uji jar test untuk koagulasi dan pengaplikasian eco-enzyme pada tanaman sebagai pupuk cair. Hasil menunjukkan eco-enzyme kurang efektif sebagai koagulan karena peningkatan Total Suspended Solids (TSS) dan kekeruhan air. Namun, eco-enzyme berbahan kulit buah naga (U3) terbukti memenuhi standar pupuk organik cair dengan kadar C, N, P, dan K yang sesuai, meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Kesimpulannya, eco-enzyme berpotensi sebagai pupuk organik cair ramah lingkungan tetapi kurang efektif dalam fungsi koagulasi.

**Kata kunci:** *eco-enzyme, koagulan, pupuk organik, pengelolaan limbah, total suspended solids (tss), kualitas air, fermentasi*

## 1. Pendahuluan

Permasalahan lingkungan semakin menjadi fokus utama dalam pembangunan berkelanjutan. Pengembangan solusi inovatif, khususnya teknologi ramah lingkungan, diperlukan untuk menangani isu-isu seperti pengelolaan limbah dan peningkatan pertanian berkelanjutan. Salah satu teknologi yang berkembang adalah pemanfaatan eco-enzyme dalam pengolahan air limbah dan pupuk organik dalam pertanian. Eco-enzyme merupakan enzim hasil fermentasi bahan alami, seperti buah dan sayuran, yang memiliki potensi ganda sebagai alternatif koagulan dan pupuk organik.

Eco-enzyme mengurai sisa-sisa organik dan limbah, membantu dalam siklus alamiah seperti siklus karbon, nitrogen, dan fosfor, serta mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang berperan dalam menjaga kesuburan tanah dan ekosistem perairan[1]. Penggunaan eco-enzyme sebagai koagulan bertujuan untuk mengurangi dampak negatif koagulan kimia pada lingkungan. Eco-enzyme membantu proses pengendapan partikel padat, mengurangi bau tidak sedap, dan mengoptimalkan kualitas air[1]. Di bidang pertanian, eco-enzyme dapat meningkatkan kesuburan tanah secara alami dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang berisiko merusak lingkungan dan kesehatan. Eco-enzyme diolah menjadi pupuk organik cair yang akan meningkatkan unsur hara dalam tanaman yaitu C, N, P dan K[2].

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi eco-enzyme dalam pengolahan limbah air dan pertanian organik, sehingga dapat menjadi solusi ramah lingkungan dalam pengelolaan limbah dan pertanian berkelanjutan.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan eksperimental[3] untuk menguji efektivitas eco-enzyme sebagai koagulan dan sebagai pupuk organik. Tahapan penelitian dijabarkan sebagai berikut:

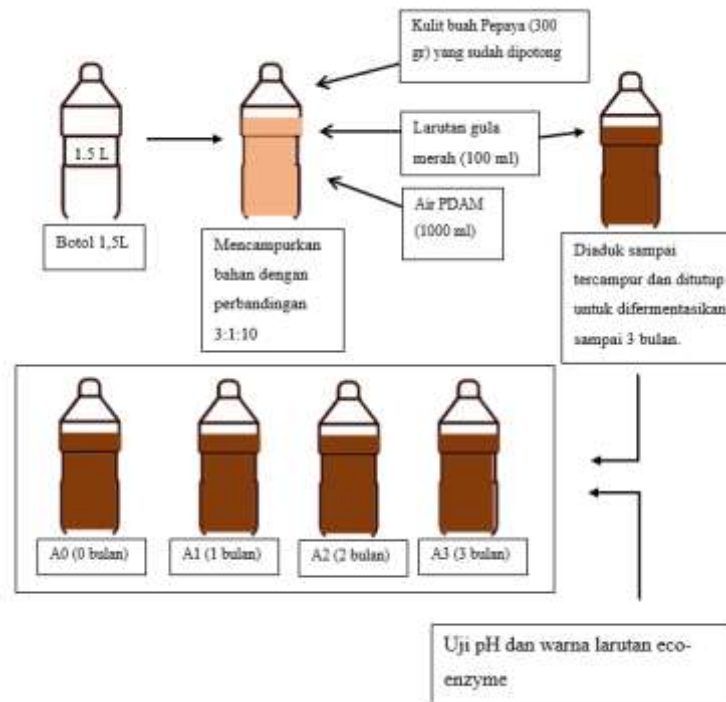
- Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di lokasi laboratorium serta lahan percobaan untuk uji aplikasi pupuk. Eco-enzyme dibuat dari bahan organik berupa sisa kulit buah menggunakan 3 jenis kulit buah yang berbeda yaitu kulit buah Pepaya (U1), buah Jeruk (U2) dan buah Naga (U3) menggunakan metode fermentasi anaerob[4].

- Pembuatan Eco-enzyme

Bahan utama yang digunakan adalah air bersih, kulit buah dari tiga jenis (U1: pepaya, U2: jeruk, dan U3: buah naga), serta gula merah sebagai sumber karbon dan substrat fermentasi[5]. Tahap awal melibatkan pemotongan kulit buah menjadi bagian-bagian kecil 10 gram per potongan. Selanjutnya, gula merah cair 10 ml dicampurkan ke dalam 1 liter air hingga homogen. Larutan ini, bersama dengan 1 liter air PDAM, dimasukkan ke dalam botol plastik berkapasitas 1,5 liter, yang kemudian ditambahkan kulit buah seberat 300 gram.

Campuran tersebut diaduk perlahan untuk memastikan homogenitas dan kemudian disimpan di tempat gelap guna menghindari degradasi senyawa aktif selama fermentasi[4]. Proses fermentasi berlangsung selama  $\pm 90$  hari, di mana mikroorganisme pada kulit buah menguraikan gula menjadi asam organik, enzim, dan senyawa organik lainnya[1]. Senyawa-senyawa ini berperan penting dalam aplikasi eco-enzyme sebagai koagulan dan pupuk organik. Stabilitas kondisi fermentasi, termasuk suhu dan ketiadaan sinar matahari langsung, menjadi faktor penting yang mendukung keberhasilan proses ini[4]. Proses fermentasi berlangsung selama tiga bulan dalam wadah tertutup pada suhu ruangan tanpa terkena sinar matahari[6]. Setiap minggu dilakukan pengukuran pH, suhu, warna, dan aroma sebagai indikator perkembangan fermentasi. Reaktor yang digunakan dapat dilihat di **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Reaktor Pembuatan Eco-enzyme

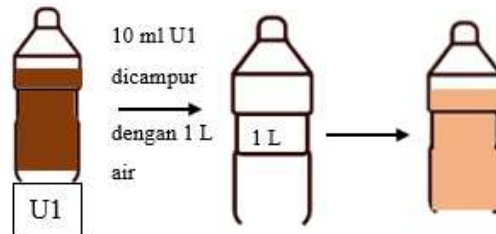
- Pengujian Eco-enzyme sebagai Koagulan

Uji efektivitas eco-enzyme sebagai koagulan dilakukan melalui metode *jar test* menggunakan sampel air sungai dengan kadar kekeruhan tertentu. Sampel diuji dengan menambahkan eco-enzyme dalam variasi konsentrasi yaitu 5 ml, 25 ml, 50 ml, 100 ml, 150 ml dengan air baku yaitu 500 ml pada jar test. Kemudian

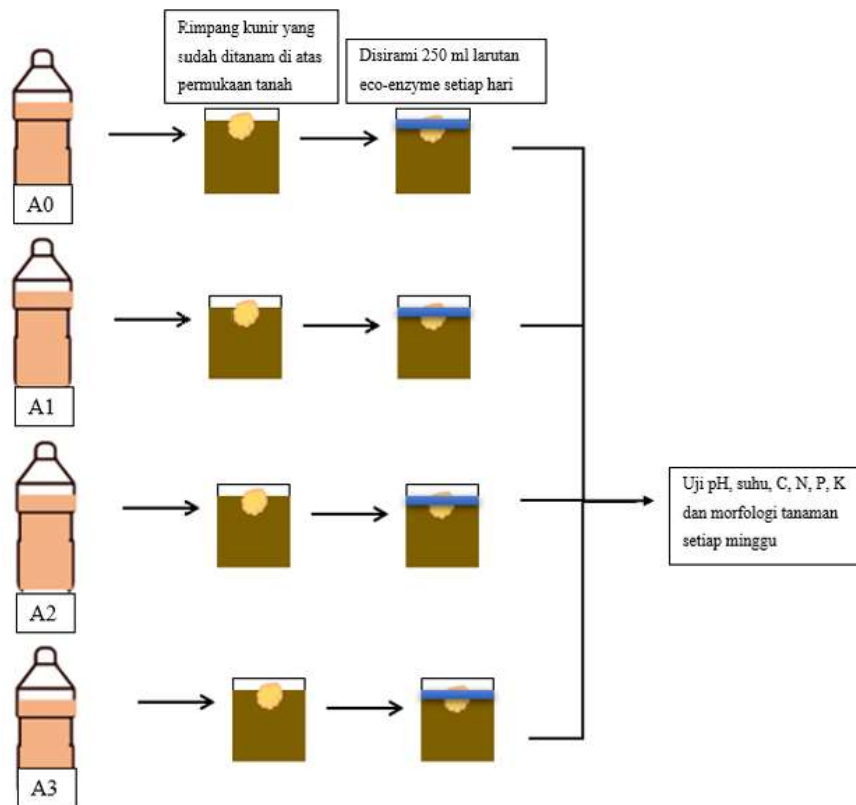
diaduk cepat pada 150 rpm selama 1 menit dan lambat pada 60 rpm selama 15 menit. Parameter yang diukur meliputi kekeruhan (NTU) dan *total suspended solids* (TSS)[6].

- Pengujian Eco-enzyme sebagai Pupuk Organik

Eco-enzyme juga diuji sebagai pupuk organik dengan menjadikannya pupuk organik cair lalu mengaplikasikannya pada tanaman uji di lahan percobaan[7]. Eco-enzyme U1, U2, dan U3 dicampur pada air bersih[8]. Tanaman yang digunakan untuk melihat perkembangan dan tanaman kunyit yang ditanam rimpangnya lalu disirami setiap hari. Parameter yang dianalisis meliputi pH tanah, kandungan karbon, nitrogen, fosfor, kalium (CNPK), dan morfologi tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar)[9]. Reaktor yang digunakan dapat dilihat di **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



**Gambar 3.** Pembuatan Pupuk Organik Cair



**Gambar 4.** Reaktor Pengujian Eco-enzyme sebagai Pupuk Organik Cair

- Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan statistik untuk mengevaluasi perbedaan signifikan antar perlakuan[10]. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan baku mutu untuk menilai efektivitas eco-enzyme sebagai koagulan dan pupuk organik cair.

### 3. Hasil dan Pembahasan

- Pembuatan Eco-enzyme

Pembuatan eco-enzyme menghasilkan hasil yang tidak jauh berbeda walaupun menggunakan jenis kulit buah yang berbeda. Berikut hasil pembuatan eco-enzyme dilihat pada **Tabel 1**, **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

**Tabel 1.** Hasil Pembuatan Eco-enzyme U1 (Pepaya)

Waktu Fermentasi (Minggu)	Jenis Kulit Buah				
	U1 (Pepaya)				
	pH	Suhu	Warna	Aroma	Jamur
0	6,45	30°C	Coklat	Alkohol	-
1	3,56	30°C	Coklat	Alkohol	-
2	3,56	30°C	Coklat	Asam segar	-
3	3,53	30°C	Coklat	Asam segar	-
4	3,51	30°C	Coklat	Asam segar	-
5	3,50	30°C	Coklat	Asam segar	-
6	3,48	30°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-
7	3,46	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-
8	2,89	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-
9	2,87	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-
10	2,86	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-
11	2,86	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-
12	2,84	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-

**Tabel 2.** Hasil Pembuatan Eco-enzyme U2 (Jeruk)

Waktu Fermentasi (Minggu)	Jenis Kulit Buah				
	U2 (Jeruk)				
	pH	Suhu	Warna	Aroma	Jamur
0	6,33	30°C	Coklat	Alkohol	-
1	3,53	30°C	Coklat	Alkohol	-
2	3,48	30°C	Coklat	Asam segar	-
3	3,46	30°C	Coklat	Asam segar	-
4	3,43	30°C	Coklat	Asam segar	-
5	3,42	30°C	Coklat	Asam segar	-
6	3,41	30°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-
7	3,41	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-

Waktu Fermentasi (Minggu)	Jenis Kulit Buah				
	U2 (Jeruk)				
	pH	Suhu	Warna	Aroma	Jamur
8	2,89	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-
9	2,87	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-
10	2,85	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-
11	2,83	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-
12	2,81	32°C	Coklat keruh	Asam segar khas fermentasi	-

**Tabel 3.** Hasil Pembuatan Eco-enzyme U3 (Buah Naga)

Waktu Fermentasi (Minggu)	Jenis Kulit Buah				
	U3 (Buah Naga)				
	pH	Suhu	Warna	Aroma	Jamur
0	6,47	30°C	Coklat	Alkohol	-
1	3,56	30°C	Coklat	Alkohol	-
2	3,53	30°C	Coklat	Asam segar	-
3	3,51	30°C	Coklat	Asam segar	-
4	3,40	30°C	Coklat	Asam segar	-
5	3,33	30°C	Coklat	Asam segar	-
6	3,12	30°C	Coklat kemerahan keruh	Asam segar khas fermentasi	-
7	2,91	32°C	Coklat kemerahan keruh	Asam segar khas fermentasi	-
8	2,90	32°C	Coklat kemerahan keruh	Asam segar khas fermentasi	-
9	2,90	32°C	Coklat kemerahan keruh	Asam segar khas fermentasi	-
10	2,87	32°C	Coklat kemerahan keruh	Asam segar khas fermentasi	-
11	2,83	32°C	Coklat kemerahan keruh	Asam segar khas fermentasi	-
12	2,80	32°C	Coklat kemerahan keruh	Asam segar khas fermentasi	-

Dari data yang didapat dari **Tabel 1**, **Tabel 2**, dan **Tabel 3** menunjukkan bahwa selama proses fermentasi eco-enzyme, terjadi perubahan signifikan pada beberapa parameter kualitas, yaitu pH, suhu, warna, aroma, dan pertumbuhan jamur.

*Perubahan pH*

Analisis menunjukkan bahwa pH eco-enzyme menurun dari 6,33-6,47 di awal fermentasi menjadi 2,80-2,84 setelah 12 minggu. Penurunan ini diakibatkan oleh produksi asam organik oleh mikroorganisme yang menguraikan gula, meningkatkan konsentrasi ion H<sup>+</sup> dan keasaman larutan, sesuai dengan penelitian sebelumnya[11]. Asam organik seperti asam asetat yang dihasilkan melalui metabolisme bakteri juga berkontribusi terhadap aroma asam khas eco-enzyme[12].

*Perubahan Suhu*

Suhu eco-enzyme meningkat dari 30°C di awal fermentasi menjadi 32°C pada minggu ke-8. Kenaikan ini disebabkan oleh aktivitas mikroba dalam memecah substrat organik, yang menghasilkan panas sebagai hasil reaksi eksotermik dari fermentasi[13].

*Perubahan Warna*

Warna eco-enzyme berubah menjadi coklat keruh atau coklat kemerahan tergantung bahan dasar yang digunakan, dengan variasi yang disebabkan oleh senyawa fenolik dan pigmen alami seperti antosianin dalam buah naga[14]. Reaksi pencoklatan (browning) juga berkontribusi pada warna ini, tetapi warna tidak secara langsung memengaruhi kualitas eco-enzyme[15].

*Perubahan Aroma*

Aroma asam khas eco-enzyme semakin intens seiring waktu fermentasi, akibat produksi asam organik dan senyawa volatil seperti alkohol, ester, dan keton oleh mikroorganisme[15]. Aroma ini menandakan keberhasilan fermentasi yang berlangsung secara anaerob, yang menghasilkan senyawa aroma yang lebih kuat[6].

*Pertumbuhan Jamur*

Eco-enzyme yang difermentasi dalam kondisi anaerob tidak menunjukkan pertumbuhan jamur, karena jamur membutuhkan oksigen untuk tumbuh. Ini menunjukkan fermentasi eco-enzyme berhasil dilakukan tanpa kontaminasi oksigen[16].

Secara keseluruhan, perubahan pada parameter ini menunjukkan bahwa proses fermentasi eco-enzyme berjalan optimal, menghasilkan produk dengan kualitas yang sesuai untuk aplikasi lingkungan.

- Hasil Uji Eco-enzyme Sebagai Koagulan

*Pengaruh Eco-enzyme Terhadap pH Air Baku*

Penurunan pH pada air baku yang dicampur eco-enzyme dari U1 (pepaya), U2 (jeruk), dan U3 (buah naga) menunjukkan sifat asam eco-enzyme yang dapat meningkatkan efektivitasnya sebagai koagulan dengan membantu proses penggumpalan partikel dalam air. Hasil yang didapat adalah penurunan pH seiring dengan tingginya dosis eco-enzyme yang diberikan pada air baku.

*Pengaruh Eco-enzyme Terhadap TSS*

Dari pengujian eco-enzyme sebagai koagulan, didapatkan hasil bahwa eco-enzyme tidak efektif sebagai biokoagulan untuk mengurangi Total Suspended Solids (TSS), sebagaimana terlihat dari hasil yang ada di **Tabel 4** bahwa pengujian dosis 5-150 ml yang menunjukkan peningkatan TSS hingga -89% pada air baku. Eco-enzyme tidak dapat menggantikan koagulan konvensional dalam fungsi koagulasi, bahkan meningkatkan TSS, BOD, dan COD[17]. Namun, penelitian lain mengungkap potensi eco-enzyme untuk memperbaiki kualitas perairan dengan mengurai bahan organik melalui aktivitas enzim seperti protease, lipase, dan amilase yang mendukung biodegradasi limbah serta menetralkan polutan berbahaya seperti fosfat dan nitrat[18]. Eco-enzyme juga dapat menguraikan minyak dan lemak dalam perairan, mendukung keseimbangan ekosistem mikroorganisme[19]. Secara keseluruhan, meskipun tidak efektif sebagai biokoagulan, eco-enzyme memiliki peran potensial dalam menjernihkan perairan.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Eco-enzyme sebagai Koagulan Terhadap TSS

5 ml	Persen Removal			
	Waktu Fermentasi			
	A0 (0 bulan)	A1 (1 bulan)	A2 (2 bulan)	A3 (3 bulan)
<b>U1 (Pepaya)</b>	0%	0%	0%	0%
<b>U2 (Jeruk)</b>	0%	0%	0%	-11%
<b>U3 (Buah Naga)</b>	0%	0%	0%	0%
25 ml	Persen Removal			
	Waktu Fermentasi			
	A0 (0 bulan)	A1 (1 bulan)	A2 (2 bulan)	A3 (3 bulan)
<b>U1 (Pepaya)</b>	-11%	-11%	-22%	-22%

<b>U2 (Jeruk)</b>	-9%	-18%	-27%	-27%
<b>U3 (Buah Naga)</b>	0%	-11%	-22%	-33%
<b>50 ml</b>	<b>Persen Removal Waktu Fermentasi</b>			
	A0 (0 bulan)	A1 (1 bulan)	A2 (2 bulan)	A3 (3 bulan)
<b>U1 (Pepaya)</b>	-18%	-18%	-27%	-36%
<b>U2 (Jeruk)</b>	-11%	-27%	-27%	-36%
<b>U3 (Buah Naga)</b>	-8%	-27%	-18%	-27%
<b>100 ml</b>	<b>Persen Removal Waktu Fermentasi</b>			
	A0 (0 bulan)	A1 (1 bulan)	A2 (2 bulan)	A3 (3 bulan)
<b>U1 (Pepaya)</b>	-14%	-29%	-43%	-57%
<b>U2 (Jeruk)</b>	-22%	-29%	-43%	-57%
<b>U3 (Buah Naga)</b>	-25%	-29%	-43%	-57%
<b>150 ml</b>	<b>Persen Removal Waktu Fermentasi</b>			
	A0 (0 bulan)	A1 (1 bulan)	A2 (2 bulan)	A3 (3 bulan)
<b>U1 (Pepaya)</b>	-22%	-22%	-11%	-78%
<b>U2 (Jeruk)</b>	-11%	-11%	-33%	-67%
<b>U3 (Buah Naga)</b>	-22%	-44%	-56%	-89%

#### *Pengaruh Eco-enzyme Terhadap Kekeruhan*

Pengujian terhadap eco-enzyme dengan dosis 5 ml, 25 ml, 50 ml, 100 ml, dan 150 ml menunjukkan peningkatan kekeruhan air seiring dosis yang lebih tinggi seiring dengan hasil TSS yang semakin meningkat terhadap dosis. Varian dosis mengindikasikan bahwa eco-enzyme tidak efektif sebagai agen penjernih atau koagulan. Berdasarkan prinsip koagulasi, koagulan idealnya mampu menggumpalkan partikel tersuspensi sehingga bisa diendapkan[20]. Namun, eco-enzyme justru meningkatkan partikel tersuspensi dan kekeruhan air yang menyatakan eco-enzyme tidak memiliki kemampuan sebagai biokoagulan. Hasil yang didapat mengonfirmasi bahwa eco-enzyme meskipun potensial dalam menguraikan bahan organik, tidak efektif sebagai agen penjernih air.

- Hasil Uji Eco-enzyme Sebagai Pupuk Ramah Lingkungan

Berdasarkan hasil uji yang ada pada **Tabel 5**, kadar karbon tertinggi terdapat pada eco-enzyme berbahan dasar Buah Naga (U3). Penurunan kadar karbon pada POC terjadi akibat penggunaan karbon sebagai sumber energi yang terlepas dalam bentuk gas CO<sub>2</sub>[21]. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan karbon pada U3 lebih rendah sehingga kadar karbon tetap lebih tinggi dibanding U1 dan U2, serta memenuhi persyaratan minimal 10% C-organik sebagai pupuk organik. Kandungan C-organik berperan dalam menjaga kesuburan tanah serta kualitas fisik dan produktivitasnya[22].

Unsur nitrogen dalam eco-enzyme berperan penting dalam pembentukan jaringan tanaman dan sangat mempengaruhi pertumbuhannya[23]. Hasil analisis menunjukkan kadar nitrogen tertinggi pada U3 (2,83%) dan terendah pada U2 (2,33%), yang sudah memenuhi standar minimal 0,5% untuk pupuk cair. Fosfor dalam POC juga berperan dalam pertumbuhan akar, pembentukan jaringan, dan ketahanan terhadap penyakit[24]. Kandungan fosfor pada U3 sesuai dengan standar 2-6% dan berbanding lurus dengan panjang akar tanaman.

Kalium dalam POC berfungsi meningkatkan karbohidrat dan protein, memperkuat ketahanan terhadap penyakit, dan meningkatkan kualitas buah[25]. Pada U3, kadar kalium mencapai 2,993%, tertinggi di antara varian lain, yang berperan meningkatkan panjang ruas batang dan tinggi tanaman.

Secara keseluruhan, hasil uji U1, U2, dan U3 menunjukkan bahwa eco-enzyme ini memenuhi standar POC berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian RI tahun 2019, yang mensyaratkan kandungan minimal 10% C-organik dan NPK total sebesar 2-6% (w/v).

**Tabel 5.** Hasil Uji Eco-enzyme sebagai Pupuk Organik Cair

U1	MST (Minggu Setelah Tanam)							Satuan
	0 Minggu	1 Minggu	2 Minggu	3 Minggu	4 Minggu	5 Minggu	6 Minggu	
<b>Suhu</b>	30	30	30	30	30	30	30	°C
<b>pH</b>	6.4	6.3	6.3	6.2	6.1	5.9	5.8	
<b>Carbon (C)</b>	11,47	-	-	-	-	-	45,94	%
<b>Nitrogen (N)</b>	1,13	-	-	-	-	-	2,74	%
<b>Fosfor (P)</b>	3.375,43	-	-	-	-	-	8.213,49	%
<b>Kalium (K)</b>	1.035,12	-	-	-	-	-	2.869,48	%
<b>C/N</b>	10.15	-	-	-	-	-	16,76	%
<b>Tinggi tanaman</b>	-	-	-	-	-	-	41	mm
<b>Jumlah batang daun</b>	-	-	-	-	-	-	2	helai
<b>Panjang akar</b>	-	-	-	-	-	-	25	mm
U2	MST (Minggu Setelah Tanam)							Satuan
	0	1	2	3	4	5	6	
	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	
<b>Suhu</b>	30	30	30	30	30	30	30	°C
<b>pH</b>	6.4	6.3	6.3	6.2	6.1	5.9	5.8	
<b>Carbon (C)</b>	11,34	-	-	-	-	-	47,40	%
<b>Nitrogen (N)</b>	1,03	-	-	-	-	-	2,33	%
<b>Fosfor (P)</b>	3.193,29	-	-	-	-	-	7.976,06	%
<b>Kalium (K)</b>	1.124,78	-	-	-	-	-	2.742,44	%
<b>C/N</b>	11	-	-	-	-	-	20,34	%
<b>Tinggi tanaman</b>	-	-	-	-	-	-	35	mm
<b>Jumlah batang daun</b>	-	-	-	-	-	-	1	helai
<b>Panjang akar</b>	-	-	-	-	-	-	35	mm
U2	MST (Minggu Setelah Tanam)							Satuan
	0	1	2	3	4	5	6	
	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	Minggu	
<b>Suhu</b>	30	30	30	30	30	30	30	°C
<b>pH</b>	6.4	6.3	6.3	6.2	6.1	5.9	5.8	
<b>Carbon (C)</b>	11,34	-	-	-	-	-	47,40	%
<b>Nitrogen (N)</b>	1,03	-	-	-	-	-	2,33	%
<b>Fosfor (P)</b>	3.193,29	-	-	-	-	-	7.976,06	%



<b>Kalium (K)</b>	1.124,78	-	-	-	-	-	2.742,44	%
<b>C/N</b>	11	-	-	-	-	-	20,34	%
<b>Tinggi tanaman</b>	-	-	-	-	-	-	35	mm
<b>Jumlah batang daun</b>	-	-	-	-	-	-	1	helai
<b>Panjang akar</b>	-	-	-	-	-	-	35	mm

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji eco-enzyme sebagai koagulan dan pupuk organik cair menunjukkan bahwa eco-enzyme tidak efektif sebagai koagulan untuk mengurangi Total Suspended Solids (TSS) dan kekeruhan air. Penggunaan eco-enzyme dengan berbagai dosis justru cenderung meningkatkan TSS dan kekeruhan, bertentangan dengan prinsip koagulasi yang seharusnya mengendapkan partikel tersuspensi. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya, yang menyimpulkan bahwa eco-enzyme tidak dapat menggantikan koagulan konvensional dan tidak direkomendasikan sebagai biokoagulan untuk penjernihan air. Sedangkan untuk hasil uji eco-enzyme sebagai pupuk organik cair, eco-enzyme U3 (Buah Naga) memiliki kadar karbon, nitrogen, fosfor, dan kalium tertinggi dibandingkan U1 dan U2, memenuhi standar kualitas POC (Pupuk Organik Cair) sesuai Peraturan Menteri Pertanian RI tahun 2019. Kandungan karbon tertinggi pada U3 disebabkan oleh pemanfaatan karbon yang lebih rendah, sehingga kadar C-organik tetap tinggi. Kandungan nitrogen di U3 mencapai 2,83%, melebihi standar minimum 0,5%, yang mendukung pertumbuhan dan kualitas tanaman.

Fosfor pada U3 juga memenuhi standar, berperan dalam memperkuat akar dan bagian tubuh tanaman. Kalium pada U3 (2,993%) memperbaiki resistensi tanaman dan meningkatkan kualitas hasil panen. Secara keseluruhan, uji menunjukkan bahwa semua sampel eco-enzyme, terutama U3, telah memenuhi syarat sebagai POC yang efektif untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman.

#### 5. Referensi

- [1] S. Widyastuti, Rhenny Ratnawati, Sugito, Yoso Wiyarno, and Pungut, "Penurunan Kadar Surfaktan, Nitrogen Dan Phospat Air Limbah Domestik Dengan Eco Enzim," *WAKTU*, vol. 21, no. 01, Feb. 2023, doi: 10.36456/waktu.v21i01.6567.
- [2] V. Setiani *et al.*, "Analisis Kandungan CNPK dari Hasil Pemanfaatan Sampah Sisa Makanan Menjadi Pupuk Organik Cair (POC) Analysis of CNPK Content from the Results of Utilization of Food Waste into Liquid Organic Fertilizer (POC)," *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, vol. 5, no. 1, 2023.
- [3] A. Yuniarti, E. Solihin, and A. T. Arief Putri, "Aplikasi pupuk organik dan N, P, K terhadap pH tanah, P-tersedia, serapan P, dan hasil padi hitam (*Oryza sativa* L.) pada inceptisol," *Kultivasi*, vol. 19, no. 1, p. 1040, Mar. 2020, doi: 10.24198/kultivasi.v19i1.24563.
- [4] Y. Hendrawan, S. Hadi Sumarlan, and C. Puspita Rani, "Pengaruh Ph Dan Suhu Fermentasi Terhadap Produksi Etanol Hasil Hidrolisis Jerami Padi," 2017.
- [5] A. Czech, E. Zarycka, D. Yanovych, Z. Zasadna, I. Grzegorzcyk, and S. Kłys, "Mineral Content of the Pulp and Peel of Various Citrus Fruit Cultivars," *Biol Trace Elem Res*, vol. 193, no. 2, pp. 555–563, Feb. 2020, doi: 10.1007/s12011-019-01727-1.
- [6] A. M. Khasanah, F. Rosariawari, and K. Kunci, "Efektivitas Eco-Enzyme dalam Menurunkan TSS, TDS, Surfaktan pada Limbah Domestik dengan Variasi Proses Anaerob dan Koagulasi-Flokulasi." [Online]. Available: <http://esec.upnvjt.com/>
- [7] Marjenah, Marjenah, et al. "Pemanfaatan limbah kulit buah-buahan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik cair." *ULIN: Jurnal Hutan Tropis* 1.2 (2018).
- [8] G. Devi, N. Saragih, C. Amri, and M. M. Fauzie, "Pemanfaatan Limbah Buah Jeruk sebagai Bahan Pupuk Organik Cair," *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 12, no. 2, pp. 70–76, 2020, [Online]. Available: <http://journalsanitasi.keslingjogja.net/index.php/sanitasi>
- [9] F. S. Harahap, D. Kurniawan, and R. Susanti, "Pemetaan Status pH Tanah dan C-Organik Tanah Sawah Tadah Hujan di Kecamatan Panai Tengah Kabupaten Labuhanbatu," *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi*, vol. 23, no. 1, p. 37, Apr. 2021, doi: 10.20961/agsjpa.v23i1.48479.

- [10] S. E. Bimantara, D. Euis, and N. Hidayah, "Pemanfaatan Limbah Lumpur Ipal Kawasan Industri Dan Serbuk Gergaji Kayu Menjadi Briket," *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 5, no. 1, pp. 21–27, 2019.
- [11] V. Albright *et al.*, "Self-defensive antibiotic-loaded layer-by-layer coatings: Imaging of localized bacterial acidification and pH-triggering of antibiotic release," *Acta Biomater*, vol. 61, pp. 66–74, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.actbio.2017.08.012.
- [12] Alim, M. Zahid, et al. "Pelatihan Pembuatan Eco-enzyme sebagai Upaya Mengurangi Sampah Organik Rumah Tangga di Pekon Lombok Kecamatan Lumbok Seminung Kabupaten Lampung Barat: Eco-enzyme Production Training as an Effort to Reduce of Household Organic Waste in Lombok Village Lumbok Seminung District West Lampung Regency." *Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat Inovatif* 2.1 (2023): 19-26.
- [13] I. Safitri, A. Yuliono, M. S. J. Sofiana, S. Helena, A. A. Kushadiwijayanto, and W. Warsidah, "Peningkatan Kesehatan Masyarakat Teluk Batang secara Mandiri melalui pembuatan Handsanitizer dan Desinfektan berbasis Eco-Enzyme dari Limbah Sayuran dan Buah," *Journal of Community Engagement in Health*, vol. 4, no. 2, pp. 371–377, Sep. 2021, doi: 10.30994/jceh.v4i2.248.
- [14] Rukmini, Piyantina, and Dewi Astuti Herawati. "Eco-enzyme from Organic Waste (Fruit and Rhizome Waste) Fermentation: Eco-Enzyme Dari Fermentasi Sampah Organik (Sampah Buah Dan Rimpang)." *Jurnal Kimia dan Rekayasa* 4.1 (2023): 23-29.
- [15] D. Suprayogi, R. Asra, R. Mahdalia, P. Studi Biologi, F. Sains dan Teknologi, and U. Jambi, "Analisis Produk Eco Enzyme Dari Kulit Buah Nanas (*Ananas Comosus L.*) Dan Jeruk Berastagi (*Citrus X sinensis L.*)."
- [16] Aulia, I. A., and D. Handayani. "Diversity of Fungi from Ecoenzyme Liquid with Organic Sources of Various Types of Orange Peel." *Serambi Biologi* 7.1 (2022): 114-119.
- [17] Ilmiah, Sitti Nur. "Utilization of Fermented Papaya and Apple Peels for Eco-Friendly Treatment of Waste Water." *Jurnal Matematika dan Sains (JMS)* 3.2 (2023): 69-76.
- [18] T. H. Pebriani *et al.*, "Pemanfaatan Kulit Buah sebagai Bahan Baku Eco-enzym di Dusun Demungan," *Jurnal DiMas*, vol. 4, no. 2, pp. 43–49, Nov. 2022, doi: 10.53359/dimas.v4i2.43.
- [19] Y. F. Ardiansyah and M. Mirwan, "Eco Enzim sebagai Larutan Pendukung untuk Menurunkan TSS dan COD Pada Air Limbah Tahu dengan Proses Anaerob," vol. IX, no. 2, 2024.
- [20] B. Reforma, A. Ma'arif, and S. Sunardi, "Alat Pengukur Kualitas Air Bersih Berdasarkan Tingkat Kekeruhan dan Jumlah Padatan Terlarut," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 2, p. 66, May 2022, doi: 10.22441/jte.2022.v13i2.002.
- [21] Illahi, Ayu Kurnia, and Deliana Andam Sari. "Analisis Kualitas Eco Enzym Dari Berbagai Bahan Dasar Kulit Buah Untuk Pertanian Berkelanjutan." *AGRISAINTEFIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian* 7.1 (2023): 76-81.
- [22] R. K. Salsabila, W. J. Biologi, F. Matematika, I. Pengetahuan, A. Universitas, and N. Surabaya, "Efektivitas Pemberian Ekoenzim Kulit Buah sebagai Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa L.*)," vol. 12, no. 1, pp. 50–59, 2023, [Online]. Available: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index50>
- [23] S. Rodhian Achmad dan Imam Susetyo Balai Penelitian Getas and J. Patimura Km, "The Effect of Mixing Process and Fertilizer Application on the Nitrogen Element Loss."
- [24] Rianditya, Oktavin Dwiki, and Sri Hartatik. "Pengaruh pemberian pupuk fosfor terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman tebu var. bululawang hasil mutasi." *Berkala Ilmiah Pertanian* 5.1 (2022): 52-57.
- [25] H. Wirayuda, S. Sakiah, and T. Ningsih, "Kadar Kalium pada Tanah dan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) pada Lahan Aplikasi dan Tanpa Aplikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit," *Tabela Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, vol. 1, no. 1, pp. 19–24, Dec. 2022, doi: 10.56211/tabela.v1i1.168.