

## Analisis Efektivitas Eco Enzyme Sebagai Agent Biodegradable dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

Michell Aulia<sup>1</sup>, Mikhael Krisnaputra<sup>2</sup>, Yasintha Eka Yuliana<sup>3</sup>, Henny Parida Hutapea<sup>4</sup>

Jurusan Kimia Industri, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Duta Bangsa Surakarta Jl. Ki Mangun Sarkoro No. 20, Nusukan, Kec. Banjarsari, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57135

(0271) 7470550

E-mail: [inimichell25@gmail.com](mailto:inimichell25@gmail.com)

### Abstrak

*Industri tahu menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik tinggi yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak diolah dengan baik, ditandai oleh tingginya nilai Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Total Suspend Solid (TSS). Permasalahan ini mendorong perlunya metode pengolahan limbah yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas eco enzyme sebagai agen biodegradable dalam pengolahan limbah cair industri tahu. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan variasi penambahan eco enzyme sebesar 0%, 10%, dan 20% pada sampel limbah tahu serta pengamatan pada hari ke-0, ke-5, dan ke-15. Parameter yang dianalisis meliputi karakteristik fisika (pH, suhu, warna, dan TDS), kimia (BOD, COD, dan TSS), serta biologi (Bakteri Asam Laktat). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan eco enzyme berpengaruh terhadap peningkatan kualitas limbah cair tahu, terutama dalam menurunkan nilai BOD hingga 40,48 mg/L dan menjaga nilai TSS tetap berada di bawah baku mutu. Namun pada konsentrasi eco enzyme 20% terjadi penurunan pH dan peningkatan nilai COD yang cukup signifikan sehingga tidak seluruh perlakuan memenuhi standar baku mutu air limbah. Penelitian ini menyimpulkan bahwa eco enzyme berpotensi digunakan sebagai agen biodegradable dalam pengolahan limbah cair industri tahu dengan konsentrasi optimum yang perlu dikontrol agar hasil pengolahan limbah efektif dan aman bagi lingkungan.*

*Kata Kunci: eco enzyme, limbah cair tahu, BOD, COD, biodegradasi*

### Abstract

*The tofu industry produces liquid waste with high organic content that has the potential to pollute the environment if not properly treated, as indicated by high Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), and Total Suspended Solids (TSS) values. This problem necessitates effective, economical, and environmentally friendly waste treatment methods. This study aims to analyze the effectiveness of eco enzymes as biodegradable agents in treating liquid waste from the tofu industry. The research method was conducted experimentally in a laboratory with variations in the addition of eco enzymes of 0%, 10%, and 20% to tofu waste samples and observations on days 0, 5, and 15. The parameters analyzed included physical characteristics (pH, temperature, color, and TDS), chemical characteristics (BOD, COD, and TSS), and biological characteristics (Lactic Acid Bacteria). The results of this study indicate that the addition of eco enzyme affects the improvement of tofu wastewater quality, especially in reducing the BOD value to 40.48 mg/L and maintaining the TSS value below the quality standard. However, at an eco enzyme concentration of 20%, there was a decrease in pH and a significant increase in the COD value, so that not all treatments met the wastewater quality standards. This study concludes*

*that eco enzyme has the potential to be used as a biodegradable agent in the treatment of industrial tofu wastewater with an optimum concentration that needs to be controlled so that the wastewater treatment results are effective and safe for the environment.*

*Keywords: eco enzyme, tofu wastewater, BOD, COD, biodegradation*

## 1. Pendahuluan

Bagi Masyarakat Indonesia nama tahu tentu sangat familiar, karena tahu merupakan salah satu makanan pokok (pengganti ikan). Tahu adalah jenis makanan yang berasal dari china namun menjadi bagian dari bagian budaya kuliner Indonesia(Sunyoto.dkk, 2014.). Di Asia Timur, terdapat produk berbahan kedelai yang banyak dan umum diproduksi salah satu contohnya tahu,yang dibuat terutama dari kedelai. Kedelai merupakan sumber isoflavone yang sangat

berharga, yang telah banyak mendapat banyak perhatian karena sifat anti oksidannya, Metode

tradisional pembuatan tahu diawali dengan merendam kedelai, kemudian menggilingnya bersama air dan menyaringnya untuk menghasilkan susu kedelai mentah. Susu kedelai tersebut kemudian direbus dan diberi perlakuan panas selama 3–10 menit, lalu didinginkan hingga mencapai suhu ruang(Chen et al., 2023).Tahu adalah produk pangan yang berasal dari kedelai dan sering dikonsumsi oleh Masyarakat Indonesia sebagai sumber protein(Gefa Satria,Sulistyaningrum et al., 2019).Industri tahu adalah salah satu sektor argoindustri yang menghasilkan limbah cair,yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika tidak dikelola dengan baik (Azzahra & Rahman, 2025), limbah tahu memiliki kandungan Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) yang cukup tinggi. BOD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk mendegradasi hampir seluruh zat organik terlarut serta sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air, sementara COD menggambarkan kebutuhan oksigen untuk proses oksidasi kimia di lingkungan.(Irawan et al., 2016).



Gambar1.1 Kegiatan Produksi Industri Tahu

Industri tahu menghasilkan limbah cair yang mengandung banyak zat organik. Untuk mengatasi masalah ini, berbagai metode pengolahan limbah telah dicoba,namun belum semuanya efektif dan ramah lingkungan. Penggunaan eco enzyme muncul sebagai Solusi baru. eco enzyme adalah enzim alami yang dapat mempercepat penguraian organik dalam limbah. Dibandingkan dengan metode konvensional, eco enzyme lebih efisien ekonomis dan aman bagi lingkungan. Selain itu, eco enzyme dapat mengurangi energi proses pengolahan. eco enzyme yang merupakan

campuran enzim alami hasil dari fermentasi bahan organik, menawarkan Solusi yang menjanjikan untuk mengatasi masalah pencemaran mudah terdegradasi secara alami sehingga tidak mencemari badan air. Namun mengingat tingginya harga enzim komersial, eco enzyme menjadi alternatif yang lebih ekonomis. Selain itu, pembuatan eco enzyme secara mandiri dapat mengurangi emisi gas rumah kaca karena mengurangi jumlah limbah organik (Arun & Sivashanmugam, 2015). Eco enzyme telah menjadi fokus penelitian yang semakin berkembang untuk aplikasi di seluruh dunia. eco enzyme merupakan cairan yang dihasilkan melalui proses fermentasi limbah dapur, seperti sisa sayuran dan produk organik (kulit buah, potongan dan serpihan), gula (gula pasir, gula batu atau gula molase), serta air (Basri et al., 2022)

Bedasarkan penelitian Gisna Paragi (2022), tingkat pencemaran limbah pabrik tahu di kelurahan jambula tergolong sedang dengan persentase mencapai 55% Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa Sebagian besar industri tahu di daerah tersebut belum menerapkan pengolahan limbah yang dihasilkan. Akibatnya, hal ini berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan dari pabrik tahu, yang berasal dari proses pembersihan alat, perendaman, dan pencegahan jika dibuang langsung ke perairan, akan menghasilkan bau tidak sedap mencemari lingkungan sekitar Pantai jambula (Kaswinarni & Rahardjo, 2016). Menurut (Rolia & Amran, 2015) limbah tahu yang tidak diolah cenderung memiliki bau menyengat dan berwarna hitam

Limbah cair adalah limbah yang berbentuk cair yang dihasilkan dari kegiatan industri dan dibuang ke lingkungan, serta diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 1995)4. Permen LH No. 15 Tahun 2008 mengatur Baku Mutu Air Limbah untuk Perusahaan atau Kegiatan Pengolahan Kedelai13. Dengan adanya batasan 100 mg/l untuk Chemical Oxygen Demand (COD), limbah cair dari industri tahu melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga diperlukan tindakan untuk pembuangan limbah cair. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kadar parameter kimia pada limbah cair industri tahu seperti BOD, COD, pH, dan TSS (Kahar & Prasetia, 2023).

## **2. Metodologi**

Penelitian ini dilakukan dengan metode pengamatan parameter kualitas sampel melalui 3 pengujian, yaitu pengujian fisika (aroma, warna, pH, dan TDS) pengujian kimia (COD, BOD, TSS), dan pengujian biologi (BAL/Bakteri Asam Laktat). Pengujian ini dilakukan secara berkala sesuai dengan variasi waktu yang telah ditentukan yaitu pada hari ke 0, hari ke 5, dan hari ke 15.

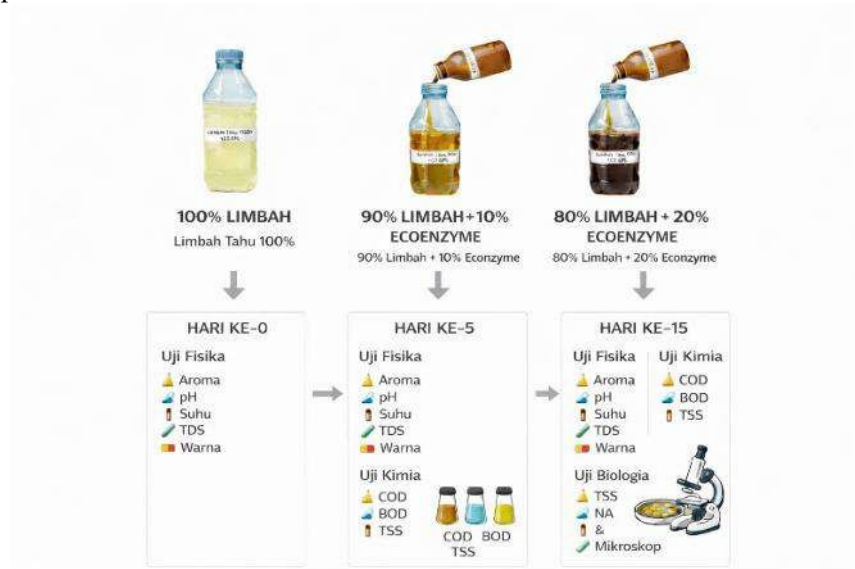
### **Waktu dan Tempat**

Pelaksanaan penelitian dilakukan di laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Duta Bangsa Surakarta. Sampel limbah tahu yang digunakan dalam penelitian diambil dari home industri pabrik tahu yang terletak di Desa Karanglo, Kelurahan Madegondo, Kecamatan Grogol, Kabupaten Sukoharjo.

### **Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan yaitu labu Erlenmeyer, beaker glass, gelas ukur, batang pengaduk, pipet volume, labu ukur, cawan petri, kaca preparat, kertas saring, corong kaca, statif dan buret, oven, mikroskop, pH ukur, termometer. Untuk bahan-bahan yang digunakan yaitu sampel limbah tahu 100% dengan penambahan eco enzyme 0%, sampel limbah tahu 90% dengan penambahan eco enzyme 10%, sampel limbah tahu 80% dengan penambahan eco enzyme 20%, indikator amilum, larutan kalium iodide azida, larutan KI (Kalium Iodida), Kalium

Dikromat( $K_2Cr_2O_7$ ), Natrium Tiosulfat( $Na_2S_2O_3$ ), Mangan sulfat ( $MnSO_4$ ), Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ), aquadest.



Gambar 2.1 Diagram Alir Prosedur Pengujian Limbah Tahu

### Prosedur pengujian

#### Pengambilan dan persiapan sampel

Mengambil sampel limbah tahu, lalu sampel divariasikan dengan menggunakan variasi ecoenzym 0%, 10% , 20%, dalam 200mL, kemudian simpan dalam kondisi tertutup.

#### Metode

##### pengujian Uji fisika

Uji fisika terhadap sampel limbah tahu meliputi pengujian aroma, warna, pH, dan Total Dissolved Solids (TDS). Pengujian aroma dilakukan dengan memasukkan 5 mL sampel ke dalam wadah kedap udara dan didiamkan selama 5-10 menit agar senyawa volatil dapat terkonsentrasi, kemudian aroma sampel dihirup secara perlahan pada jarak  $\pm 5$  cm dari mulut wadah, dengan air suling sebagai pembanding bau netral. Pengujian warna dilakukan dengan mengambil 5 mL sampel, menyaringnya apabila terdapat padatan atau kekeruhan, serta melakukan pengenceran menggunakan aquadest jika warna terlalu pekat; hasil pengamatan warna dicatat beserta faktor pengencerannya. Pengukuran pH dilakukan dengan memasukkan 5 mL sampel filtrat ke dalam gelas beker, kemudian probe pH meter yang telah dibilas dan dikeringkan dimasukkan ke dalam sampel untuk mencatat nilai pH yang terbaca. Selanjutnya, pengujian TDS dilakukan dengan prosedur serupa menggunakan TDS meter, di mana probe yang telah dibersihkan dimasukkan ke dalam sampel filtrat untuk memperoleh nilai total padatan terlarut yang dinyatakan dalam satuan ppm atau mg/L.

##### Uji Kimia

###### a. COD (Chemical Oxygen Demand)

Mengencerkan 2 mL sampel limbah cair dengan 8 mL aquadest. Mengambil 5 sampel yang telah diencerkan, kemudian masukkan ke dalam labu Erlenmeyer, Ditambahkan  $H_2SO_4$  6N sebanyak 1 ml dan  $K_2Cr_2O_7$  sebanyak 4 ml ke dalam sampel kemudian dikocok. Sampel kemudian dipanaskan menggunakan *waterbath* selama 10 menit, Sampel kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruang ( $25^\circ C$ ), Labu erlenmeyer dibungkus menggunakan aluminium foil, lalu

tambahkan larutan KI sebanyak 10 ml, kemudian larutan dititrasi dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N (Na-thiosulfat) hingga terbentuk warna kuning jerami, ditambahkan amilum sebagai indikator sebanyak 10 tetes. Larutan lalu dititrasi lagi hingga terdapat perubahan warna biru menjadi hijau muda. Prosedur yang sama dilakukan untuk pembuatan larutan blanko (tanpa sampel).

$$COD = \frac{(V_{blanko} - V_{sampel}) \times N_{Na_2S_2O_3} \times 8000}{V_{sampel}}$$

Keterang

an:

$V_{blanko}$  = Volume titrasi pada blanko

$V_{sampel}$  = Volume titrasi pada sampel

### b. BOD (Biochemical Oxygen Demand)

Mengambil 10 mL sampel kedalam botol winkler, encerkan dengan aquadest hingga meluap, lalu tutup rapat botol dan pastikan tidak ada gelembung udara, inkubasi selama 5 hari ( $20^\circ\text{C}$ ) untuk menentukan  $\text{DO}_5$ , sampel yang tidak diinkubasi digunakan untuk menentukan  $\text{DO}_0$ . Menambahkan 0,5 mL  $\text{MnSO}_4$  dan 0,5 mL *alkali iodide azida* dengan ujung pipet tepat di atas permukaan larutan. Tutup botol winkler segera dan homogenkan hingga terbentuk gumpalan sempurna, Tunggu 5-10 menit hingga gumpalan mengendap sempurna dalam keadaan gelap (bungkus dengan aluminium foil), Menambahkan 0.5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat, lalu tutup. Homogenkan sampel hingga endapan larut sempurna, lalu pindahkan 30 mL larutan homogen dengan pipet ke Erlenmeyer, Menambahkan 0.5 mL indikator amilum. Titrasi larutan dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1N dalam 100mL hingga warna biru hilang.

$$DO_5 = \frac{V_{titrasi} \times N_{Na_2S_2O_3} \times 8000 \times FP}{V_{sampel}}$$

$$DO_{15} = \frac{V_{titrasi} \times N_{Na_2S_2O_3} \times 8000 \times FP}{V_{sampel}}$$

$$BOD = \frac{|DO_5 - DO_{15}|}{V_{sampel}} \times V_{keseluruhan}$$

Keterangan:

$V_{titrasi}$  : Volume titrasi yang digunakan

$V_{sampel}$  : Volume sampel yang dibutuhkan

$V_{keseluruhan}$  : Volume campuran dari keseluruhannya

FP : Faktor pengenceran

N  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  : Normalitas dari  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$\text{DO}_5$  : *Dissolved oxygen* atau oksigen terlarut hari ke-5

$\text{DO}_{15}$  : *Dissolved oxygen* atau oksigen terlarut hari ke-15

### c. TSS (Total Suspended Solids)

Mengambil 10 mL sampel limbah cair, timbang berat awal kertas saring, lalu saring sampel dengan kertas saring. Masukkan kertas saring berisi endapan ke dalam cawan petri, cawan dikeringkan ke dalam oven dengan suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 25 menit. Cawan petri berisi kertas saring didinginkan ke dalam desikator selama 30 menit, lalu timbang kertas saring.

$$TSS \text{ (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

A = Berat kertas saring dan residu (mg)

B = Berat kertas saring (mg) V = Volume contoh (L) Uji Biologi

**a. BAL (Bakteri Asam Laktat)**

Menyiapkan mikroskop, kaca preparat, gelas penutup, bunsen dan biakan bakteri murni yang telah berumur 24 jam. Sterilkan cawan petri dan jarum ose yang akan digunakan, lakukan secara aseptis. Ambil biakan dengan jarum ose yang sudah disterilisasi, letakkan pada kaca preparat. Kaca preparat yang sudah diberi biakan ditambahkan alkohol 1 tetes sampai permukaan biakan tertutupi. Tutup kaca preparat lalu letakkan pada mikroskop. Semua prosedur kerja harus dilakukan dengan aseptis. Langkah terakhir yaitu amati dengan mikroskop dengan perbesaran kecil.

**3. Hasil dan Pembahasan**

Penelitian kualitas terhadap air limbah industri tahu dilaksanakan untuk mengetahui kadar polutan yang terdapat pada limbah cair industri tahu terhadap baku mutu yang telah ditetapkan. Hasil penelitian ini diperoleh dengan berbagai macam parameter, hasil parameter yang dihasilkan masing masing memiliki parameter yang dapat memberikan dampak negatif pada ekosistem lingkungan sekitar. Hasil analisis kualitas limbah cair dari industri tahu dilakukan dengan meliputi beberapa karakteristik, yaitu karakteristik sifat Fisika, Kimia dan Biologi.

Karakteristik fisika meliputi pengujian pH, suhu, warna, aroma, dan TDS. Pada karakteristik Kimia, pengujian yang dilakukan meliputi pengujian *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS). Pada karakteristik biologi meliputi pengujian mikroba dengan inokulasi menggunakan media *Nutrient Agar* (NA).

Tabel 3.1. Hasil Uji Karakteristik Limbah Cair Tahu

No	Parameter	Baku Mutu	Hari ke-	Sampel		
				Limbah cair Tahu 100% + EE 0%	Limbah cair Tahu 90% + EE 10%	Limbah cair Tahu 80% + EE 20%
<b>Karakteristik Fisika</b>						
1	pH	6-9	0	4,07	4,52	4,01
			5	3,75	3,52	3,47
			15	3,13	3,15	2,81
2	<i>Total Dissolved Solids</i> / TDS (ppm)	2000	0	1543	1795	3835
			5	1225	1632	1857
			15	1295	1653	1904
3	Suhu (°C)	-	0	24,5	24,1	24,1
			5	26,6	27	27
			15	27,4	27,2	27,2
4	Aroma	-	0	1	3	3
			5	1	3	3
			15	2	3	3
5	Warna	-	0	2	4	4
			5	2	3	5
			15	2	3	4
<b>Karakteristik Kimia</b>						

1	Biochemical Oxygen Demand (BOD)	150 Mg/L	-	60,72	60,72	40,48
2	Chemical Oxygen Demand (COD)	300Mg/L	5	256	224	432
			15	600	592	848
3	Total Suspended Solid (TSS)	100Mg/L	5	0,4	2	5,2
			15	29,3	13,2	6,6
<b>Karakteristik Biologi</b>						
1	Jumlah Koloni Bakteri		15	≥300	≥300	≥300

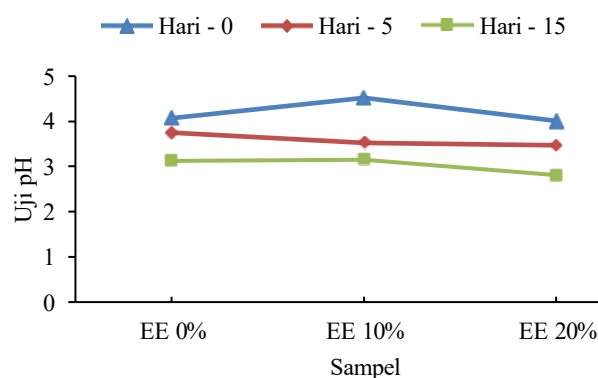
1. Sangat busuk / aroma dominan limbah tahu
2. Busuk lemah/ masih tercium aroma limbah tahu
3. Netral/ sedikit aroma asam Eco enzyme
4. Aroma asam segar Eco Eenzyme
5. Sangat asam segar

1. Bening
2. Agak keruh bening
3. Agak keruh coklat
4. Coklat keruh
5. Coklat Pekat

#### 4. Pembahasan

##### Analisis Pengujian pH

Pengujian pH merupakan parameter untuk menentukan kadar keasamaan maupun kadar basa dari suatu larutan yang akan diujikan. Pada hasil pengujian pH didapatkan hasil yang signifikan perbedaannya dari kontrol yang diperiksa dimana pH terendah di 2,81 dan pH tertinggi di 4,52. Penyimpanan limbah cair tahu tanpa penambahan pada hari 0, 5, dan 15 mengalami penurunan yang signifikan menjadi 3,13, lalu pada limbah cair tahu dengan penambahan eco enzyme 10% mengalami penurunan hingga 3,15 sedangkan pada limbah tahu dengan penambahan sebanyak 20% menghasilkan pH terendah yaitu 2,81. Peningkatan dan penurunan keasaman pH ini disebabkan oleh proses fermentasi alami yang berlangsung dalam limbah cair tahu, fermentasi diawali dengan adanya proses hidrolisis zat organik, seperti protein, karbohidrat, dan lemak yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Asetat & Kalsium, 2016). Proses pengasaman dapat terjadi dimana zat organik yang telah dihidrolisis mengalami konversi menjadi asam organik yang menyebabkan peningkatan keasamaan limbah cair tahu seiring waktu. Tingkat keasaman yang tinggi pada limbah tahu.



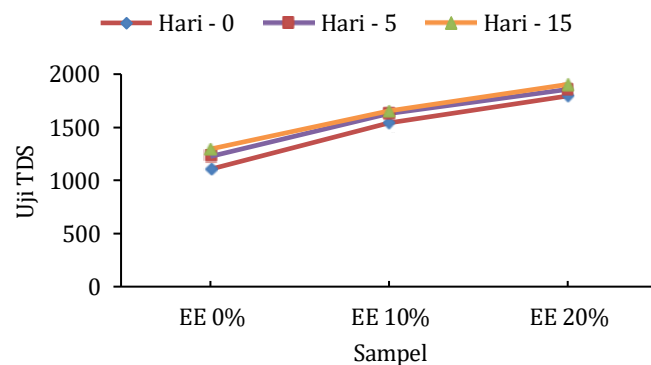
Gambar 4.1. Grafik Analisis pH Sampel Hari ke-0, ke-5, dan ke-15

Baku mutu limbah cair tahu di Indonesia diatur oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Indonesia No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah dikatakan bahwa standar baku mutu nilai pH pada 6-9, namun pada proses pengolahan air limbah, nilai pH limbah cair tahu lebih cenderung asam berkisar 3,9 – 5,53, hal ini dapat terjadi karena pada prosesnya banyak

menggunakan cairan asam untuk agen penggumpalannya (Maulana & Marsono, 2021). Sampel limbah cair tahu pada hari ke-0 memiliki kadar pH mendekati netral, sedangkan sampel limbah tahu pada hari ke -5 dan 15 mengalami penurunan kadar pH yang signifikan, hal ini terjadi karena limbah tahu yang memiliki kadar protein dan karbihidrat yang tinggi, ketika limbah tahu didamkan sampai hari ke -15, bakteri pengurai mulai memakan zat-zat organik didalamnya, hal ini menyebabkan penumpukan asam yang dapat menurunkan kadar pH pada hari ke 5 dan 15.

### Analisis Pengujian *Total Dissolved Solids* (TDS)

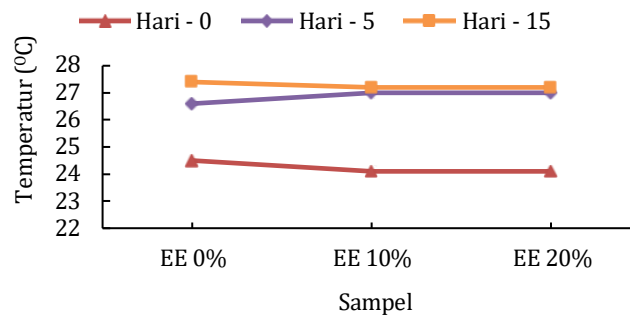
*Total Dissolved Solids* (TDS) merupakan parameter untuk mengukur jumlah padatan yang terurai dan larut di dalam air (mineral, garam, logam, serta kation dan anion). Bahan-bahan terlarut pada perairan alami tidak menimbulkan toksik, namun jika kadar TDS berlebihan akan meningkatkan nilai kekeruhan yang akan menyebabkan penghambatan penetrasi Cahaya matahari ke dalam air dan berpengaruh pada proses fotosintesis di perairan. Pada pengujian sampel cair limbah tahu dengan variasi penambahan eco enzyme diperoleh hasil TDS dengan hasil terendah senilai 1225 ppm yang terdapat pada sampel limbah tahu 100% dengan penambahan eco enzyme 0%, sedangkan hasil tertinggi didapatkan pada sampel limbah tahu 50% dengan penambahan eco enzyme 20% sebanyak 3835.



Gambar 4.1. Grafik Analisis TDS Sampel Hari ke-0, ke-5, dan ke-15

Baku mutu air limbah cair yang diatur oleh peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.5 Tahun 2014, dikatakan bahwa batas Parameter TDS pada limbah industri tahu pada 2000 mg/L. Hasil uji pada sampel limbah tahu 100% dengan penambahan eco enzyme 0% mengalami penurunan sampai hari ke -5, lalu nilai TDS yang dihasilkan meningkat pada hari ke -15. Pada sampel limbah tahu 90% dengan penambahan eco enzyme 10% menghasilkan penurunan yang signifikan, sedangkan pada sampel limbah tahu 80% dengan penambahan 20% mengalami penurunan sampai hari ke-5 yang kemudian nilai TDS meningkat pada hari ke -15, hal ini terjadi dikarenakan adanya proses pengendapan partikel dalam limbah tahu, kemudian berpotensi berkurangnya jumlah zat terlarut pada larutan (Rini, 2016) tingginya angka TDS terjadi disebabkan oleh kandungan potassium, klorida, dan sodium yang terlarut dalam air (Isnaeni, 2008). Hal ini sejalan dengan pengujian yang telah dilakukan pada parameter TDS, terdapat satu sampel yang tidak memenuhi syarat baku mutu limbah industri tahu, yaitu sampel limbah tahu 80% dengan penambahan eco Enzyme 20% menghasilkan sebanyak 3835, sedangkan pada sampel dengan berbagai variasi telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.

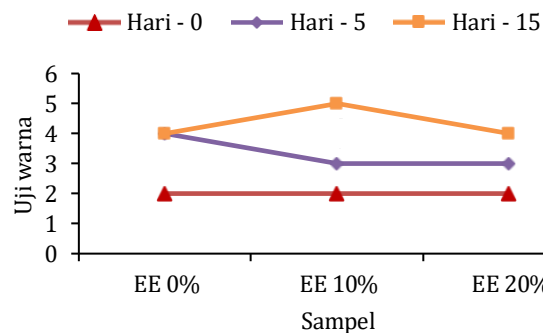
### Analisis Pengujian Temperatur



Gambar 4.3. Grafik Analisis Temperatur Sampel Hari ke-0, ke-5 dan ke-15

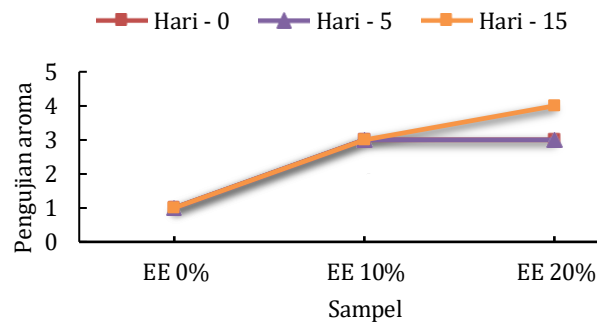
Pada pengujian parameter suhu didapatkan hasil suhu terendah berkisar  $24,1^{\circ}\text{C}$ , hasil tertinggi pada uji parameter suhu berada pada suhu berkisar  $27,4^{\circ}\text{C}$ . Kenaikan suhu yang signifikan pada hari ke -5 disebabkan adanya proses biodegradasi yang aktif setelah divariasikan dengan eco enzyme, penambahan eco enzyme dapat mempercepat proses penguraian bahan organik pada limbah cair tahu, aktivitas mikroorganisme selama proses penguraian akan menghasilkan energi cenderung eksoterm.

### Analisis Pengujian Organoleptis (Warna dan Aroma)



Gambar 4.4. Grafik Analisis Warna Sampel Hari ke-0, ke-5 dan ke-15

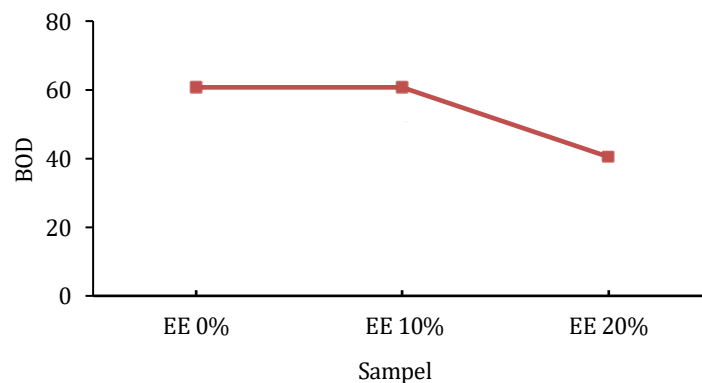
Pada parameter warna dengan menggunakan 5 skala pada data panelis, keterangan parameter yang digunakan, pada angka 1 menunjukkan warna bening, angka 2 menunjukkan warna agak keruh bening, angka 3 menunjukkan warna agak keruh coklat, warna 4 menunjukkan warna coklat keruh, dan angka 5 menunjukkan warna coklat pekat. Data analisis diperoleh dengan mengambil rata-rata dari 11 panelis secara langsung, didapatkan hasil bahwa limbah tahu pada sampel limbah tahu 100% dengan penambahan eco enzyme 0% tidak mengalami perubahan warna yang signifikan, sedangkan pada sampel limbah tahu 90% dengan penambahan eco enzyme 10% mengalami perubahan warna dari coklat keruh menjadi agak coklat keruh, pada sampel limbah tahu 80% dengan penambahan eco enzyme 20% mengalami kenaikan pada hari ke-5 namun kembali stabil pada hari ke-15. Penambahan eco enzyme menyebabkan berkurangnya kekeruhan pada sampel dan mulai muncul endapan.



Gambar 4.5. Grafik Analisis Aroma Sampel Hari ke-0, ke-5 dan ke-15

Pada parameter warna dengan menggunakan 5 skala pada data panelis, keterangan parameter yang digunakan. Pada angka 1 menunjukkan aroma sangat busuk/ aroma dominan limbah tahu, angka 2 menunjukkan aroma busuk lemah/ masih terdapat aroma limbah tahu, angka 3 menunjukkan aroma netral/ sedikit aroma asam eco enzyme, angka 4 menunjukkan aroma asam segar eco enzyme, dan angka 5 menunjukkan aroma asam yang sangat segar. Data analisis diperoleh dengan mengambil rata rata dari 11 panelis secara langsung, didapatkan hasil bahwa limbah tahu pada sampel limbah tahu 100% dengan penambahan eco enzyme 0% memiliki aroma busuk, sedangkan pada sampel limbah tahu 90% dengan penambahan Eco enzyme 10% tidak mengalami perubahan yang signifikan, hasil menunjukkan bahwa sampel memiliki aroma netral, hasil ini juga serupa pada sampel limbah tahu 80% dengan penambahan ecoenzyme 20%.

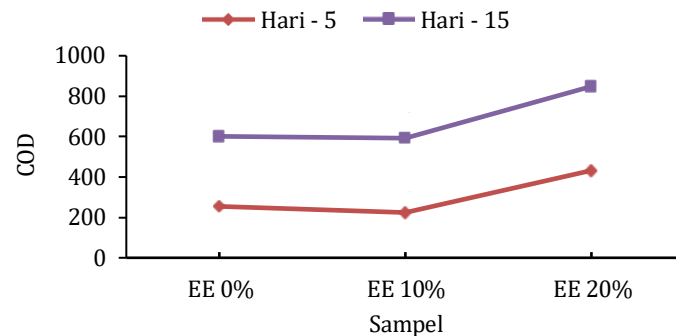
#### Analisis Pengujian Biochemical Oxygen Demand (BOD)



Gambar 4.6. Grafik pengujian BOD Sampel Hari ke-0, ke-5 dan ke-15

Berdasarkan parameter pengujian BOD pada sampel limbah tahu nilai BOD berkisar 40,48 hingga 60,72 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan No.5/2014 Tentang Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Pengolahan Kedelai. Standar Baku mutu parameter BOD yaitu 150 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kadar BOD pada sampel memenuhi standar baku mutu. Penurunan kadar BOD yang cukup signifikan disebabkan oleh pengaruh mikroorganisme yang tumbuh di dalam sampel limbah, penurunan ini cenderung lebih cepat karena bahan organik yang ada pada Eco enzyme mudah terurai oleh mikroorganisme. Penambahan eco enzyme 20% pada limbah tahu paling efektif karena memiliki penurunan kadar BOD hingga 40,48 mg/L. Hal ini sejalan dengan penelitian (Muharram & Sahani, 2025) menunjukkan bahwa penambahan eco enzyme terhadap limbah tahu memengaruhi penurunan kadar parameter BOD.

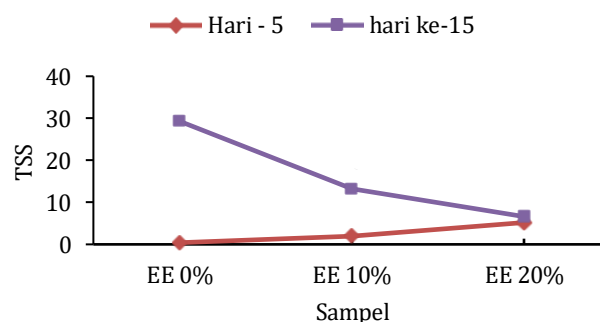
### Analisis Pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD)



Gambar 4.7. Grafik Analisis COD Sampel Hari ke-5 dan ke-15

Berdasarkan parameter pengujian COD pada sampel limbah tahu, nilai parameter COD terendah terdapat pada sampel limbah tahu 90% dengan penambahan eco enzyme 10% bernilai 224 mg/L, sedangkan nilai parameter COD tertinggi terdapat pada limbah tahu 80% dengan penambahan ecoenzyme 20% bernilai 848 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.5/2014 Tentang Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Pengolahan Kedelai, standar baku mutu parameter COD senilai 300 mg/L. Berdasarkan data pengujian sampel limbah tahu 100% dengan penambahan Eco enzyme 0% dan sampel limbah tahu 90% dengan penambahan Eco enzyme 10% pada hari ke -5 dapat dikatakan sesuai dengan standar mutu parameter COD yang telah ditetapkan karena nilai kadar COD yang dihasilkan kurang dari 300mg/L. Peningkatan kadar COD disebabkan adanya kandungan ecoenzyme yang terlalu asam sehingga dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme dalam proses penguraian limbah organik, efisiensi penguraiannya pun akan menurun (Lamato et al., 2023). Selain itu penyesuaian dosis eco enzyme yang ditambahkan pada limbah tahu harus tepat. Hal ini sejalan dengan penelitian (Kumar et al., 2019) yang menyatakan bahwa penambahan dosis eco enzyme sebanyak 0,5% pada objek penelitian air sungai bekerja secara efektif dalam menurunkan kadar COD yang semula 35 mg/L menjadi 9 mg/L.

### Analisis Pengujian *Total Suspended Solid* (TSS)



Gambar 4.7. Grafik Analisis TSS Sampel Hari ke-5 dan ke-15

Berdasarkan parameter pengujian TSS pada sampel limbah tahu, nilai parameter nilai parameter COD terendah terdapat pada sampel limbah tahu 100% dengan penambahan eco enzyme 0% bernilai 0,4 mg/L, sedangkan nilai parameter TSS tertinggi terdapat pada limbah tahu 100% dengan penambahan ecoenzyme 0% bernilai 29,3 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.5/2014 Tentang Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau

Kegiatan Pengolahan Kedelai. Standar Baku mutu parameter TSS senilai 100 mg/L. berdasarkan data pengujian di tiap sampel dinyatakan bahwa tidak ada sampel yang melebihi standar baku mutu parameter TSS pada limbah tahu, meskipun begitu terjadi peningkatan nilai TSS pada hari ke 5 di tiap sampelnya, sedangkan nilai TSS pada hari ke-15 terjadi penurunan yang sangat signifikan, sejalan dengan penelitian (Ardiansyah & Mirwan, 2024) yang menyatakan bahwa penurunan parameter TSS juga berhubungan dengan pH, jika pH mendekati asam akan memberikan penurunan kadar TSS dibandingkan pH yang mendekati basa, sehingga nilai TSS dalam limbah tahu dapat turun dalam kondisi anaerob.

#### **Analisis Pengujian Biologi**

Hasil pengujian yang telah dilakukan melalui tahapan proses isolasi mikroba dengan menggunakan media *Nutrient Agar* (NA). berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil koloni pada limbah tahu 80% dengan penambahan ecoenzyme 20% menghasilkan koloni yang lebih sedikit dibandingkan pada variasi sampel yang lain. Konsentrasi eco enzyme 20% dapat meningkatkan tekanan lingkungan melalui penurunan pH dan meningkatkan asam organik hasil fermentasi, hal ini diketahui dapat menghambat bakteri. pada pengamatan lensa 10x terlihat struktur tidak merata menyerupai pulau-pulau, hal ini sejalan dengan (Singh et al., 2021) menyatakan hal ini dapat terjadi saat kondisi berada pada tahapan stress/ tidak menguntungkan dan mendorong bakteri membentuk agregat/ biofilm seperti bentuk pulau-pulau.

#### **5. Kesimpulan dan Saran**

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penambahan eco enzyme memiliki dampak terhadap kualitas limbah cair dan industri tahu. eco enzyme terbukti efektif dalam menurunkan Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Total Suspended Solids (TSS), di mana BOD terendah tercatat sebesar 40,48 mg/L dan semua nilai TSS masih berada di bawah batas mutu yang ditetapkan. Namun, penambahan eco enzyme dengan konsentrasi 20% menyebabkan penurunan pH yang signifikan serta peningkatan nilai Chemical Oxygen Demand (COD), sehingga tidak semua perlakuan memenuhi standar baku mutu air limbah. Oleh karena itu, Eco enzyme memiliki potensi untuk digunakan sebagai agen biodegradable dalam pengolahan limbah cair industri tahu, tetapi efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh konsentrasi yang diterapkan.

Berdasarkan temuan dari penelitian ini, disarankan agar dilakukan penelitian lanjutan mengenai optimasi konsentrasi eco enzyme yang lebih akurat untuk menurunkan semua parameter pencemar tanpa menyebabkan peningkatan COD atau penurunan pH yang berlebihan. Di samping itu penelitian berikutnya dapat mengeksplorasi kombinasi eco enzyme dengan metode pengolahan lainnya, serta melakukan pengujian pada skala yang lebih besar untuk mengevaluasi efektivitas penerapannya secara langsung di industri tahu.

#### **Daftar Pustaka**

- Ardiansyah, Y. F., & Mirwan, M. (2024). *Eco Enzim sebagai Larutan Pendukung untuk Menurunkan TSS dan COD Pada Air Limbah Tahu dengan Proses Anaerob*. IX(2), 9023–9029.
- Asetat, A., & Kalsium, D. A. N. (2016). *Karakterisasi : Limbah Cair Industri Tahu Dengan Koagulan Yang Berbeda*. 31(2), 137–145.
- Isnaeni, D. A. (2008). *Observasi Lapangan, Karakteristik Fisik Limbah Cair, Analisis COD, Analisis (TS, TSS, dan TDS), dan Analisis (BOD dan DO) Pada Limbah Tahu Industri XYZ di Yogyakarta*.
- Kumar, N., Rajshree, Y. A., Yadav, A., Malhotra, N. H., Gupta, N., & Pushp, P. (2019). *Validation of eco-enzyme for improved water quality effect during large public gathering at river bank*. 4(3), 181–188. <https://doi.org/10.22034/IJHCUM.2019.03.03>
- Lamato, P. F., Riogilang, H., & Legrans, R. R. I. (2023). *Analisis Aplikasi Eco-Enzyme Terhadap*

- Biochemical Oxygen Demand Dan Chemical Oxygen Demand Pada Limbah Cair Tahu.* 21(85).
- Maulana, M. R., & Marsono, B. D. (2021). *Penerapan Teknologi Membran.* 10(2).
- Muharram, F., & Sahani, W. (2025). *Pemanfaatan Eco enzyme Untuk Mendegradasi Kadar BOD Dan COD Pada Air Limbah Industri Tahu.* 25(1), 153–161.
- Rini, A. R. Su. (2016). *Pemanfaatan Ekstrak Kulit Buah Nanas ( Ananas Comosus L . Merr .) Untuk Sediaan Gel Hand Sanitizer Sebagai Antibakteri Staphylococcus Aureus Dan Escherichia Coli.*
- Singh, S., Datta, S., Narayanan, K. B., & Rajnish, K. N. (2021). Bacterial exo-polysaccharides in biofilms : role in antimicrobial resistance and treatments. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 140. <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00242-y>
- Arun, C., & Sivashanmugam, P. (2015). Solubilization of waste activated sludge using a garbage enzyme produced from different pre-consumer organic waste. *RSC Advances*, 5(63), 51421–51427. <https://doi.org/10.1039/c5ra07959d>
- Azzahra, A. P., & Rahman, M. (2025). *Removal Efficiency of BOD , COD and TSS from Tofu Wastewater Using an Anaerobic System.* 12(December), 54–62.
- Basri, H. F., Muda, K., Omoregie, A. I., Imran, M. J., Jeffri, M., Nor, M. N. A. M., Jabar, S. N. S. A., Pauzi, F. M., & Hong, C. Y. (2022). Es15 : Eco-Enzyme on Water and Wastewater Treatment : a Review. *IC-Ensures 2022, February 2023*, 2020–2023.
- Chen, C. C., Hsieh, J. F., & Kuo, M. I. (2023). Insight into the Processing, Gelation and Functional Components of Tofu: A Review. *Processes*, 11(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/pr11010202>
- Gefa Satria, Sulistyningrum, R., Melania, R. P., & Handayani, W. (2019). Environmental Analysis of Tofu Production in the Context of Cleaner Production: Case Study of Tofu Household Industries in Salatiga, Indonesia. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 2(2), 127–138. <https://doi.org/10.7454/jessd.v2i2.1021>
- Irawan, S. N., Mahyudin, I., Razie, F., & Susilawati, S. (2016). Kajian Penanggulangan Air Asam Tambang Pada Salah Satu Perusahaan Pemegang Ijin Usaha Pertambangan Di Desa Lemo, Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah. *EnviroScientiae*, 12(1), 50. <https://doi.org/10.20527/es.v12i1.1100>
- Kahar, K., & Prasetia, B. (2023). Gambaran Kadar Biochemical Oxygen (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Sanitasi Profesional Indonesia*, 4(2), 101–110. <https://doi.org/10.33088/jspi.4.2.101-110>
- Kaswinarni, F., & Rahardjo, P. N. (2016). Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu. *Majalah Ilmiah Lontar*, 10(1), 1–20. <https://media.neliti.com/media/publications/146461-ID-kajian-teknis-pengolahan-limbah-padat-da.pdf>
- Rolia, E., & Amran, Y. (2015). Perencanaan bangunan pengolahan limbah cair pada pabrik tahu di Kelurahan Mulyojati 16 C Kota Metro. *Tapak*, 5(1), 83–88. <https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/tapak/article/view/153>
- Sunyoto.dkk, 2014. (n.d.). *Penerapan Iptek Usaha Pembuatan Tahu Dan Tempe Di Bandungan Jabupaten Semarang.* 16–24.