

Eco Enzim sebagai Larutan Pendukung untuk Menurunkan TSS dan COD Pada Air Limbah Tahu dengan Proses Anaerob

Yohanes Felix Ardiansyah¹, Mohamad Mirwan^{2*}

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

²Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

*Koresponden email: mmirwan.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 20 April 2024

Disetujui: 30 April 2024

Abstract

One type of liquid waste that is commonly encountered is waste from the tofu production process. Tofu production waste contains organic matter and chemical compounds that can pollute the environment if not properly managed. The increase in the amount of liquid waste generated is due to the growing human population and increasing industrial activities. Eco enzyme, which is produced by simple fermentation of fresh vegetable or fruit organic waste, molasses and water in a ratio of 1:3:10, has been shown to be beneficial in reducing pollution levels. Therefore, the objective of this study was to evaluate the potential of Eco enzyme as a supporting solution in reducing TSS and COD content in wastewater from tofu industry through anaerobic process. In this study, variation of anaerobic process was used by mixing Eco enzyme solution at 5%, 10% and 15% concentration. Anaerobic process was carried out with retention time of 5, 10 and 15 days. The results showed that fruit Eco-enzyme was more effective than vegetable Eco-enzyme. Anaerobic process with 5% concentration was able to reduce the pollutant parameters with the highest efficiency, which was 6.17% for TSS parameters and 89.17% for COD parameters on the 15th day of detention.

Keywords: *tofu wastewater, eco enzyme, anaerobic, TSS, COD*

Abstrak

Salah satu jenis limbah cair yang sering dihadapi adalah limbah yang dihasilkan dari proses produksi tahu. Limbah produksi tahu mengandung materi organik dan senyawa kimia yang bisa mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan tepat. Peningkatan jumlah limbah cair yang dihasilkan disebabkan oleh pertumbuhan populasi manusia dan aktivitas industri yang terus meningkat. Eco enzim, yang dibuat dengan fermentasi limbah organik sederhana dengan tetes tebu, air, dan sayuran atau buah segar, telah terbukti membantu mengurangi tingkat pencemaran. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi potensi Eco enzim sebagai larutan pendukung dalam menurunkan kandungan TSS dan COD dalam air limbah dari industri tahu melalui proses Anaerob. Dalam penelitian ini, variasi proses Anaerob digunakan dengan mencampurkan larutan Eco enzim dalam konsentrasi 5%, 10%, dan 15%. Proses Anaerob dilakukan dengan waktu detensi selama 5, 10, dan 15 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Eco enzim buah lebih efektif daripada Eco enzim sayuran. Proses Anaerob dengan konsentrasi 5% mampu mengurangi parameter pencemar dengan efisiensi tertinggi, yaitu sebesar 6,17% untuk parameter TSS dan 89,17% untuk parameter COD pada hari ke-15 detensi.

Kata Kunci: *limbah tahu, eco enzim, anaerob, TSS, COD*

1. Pendahuluan

Pertumbuhan populasi manusia dan kegiatan industri yang terus berkembang telah menyebabkan peningkatan volume limbah cair yang dihasilkan. Salah satu contoh umum limbah cair adalah limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu. Masalah yang terkait dengan limbah ini sering disebabkan oleh kurangnya keterlibatan aktif masyarakat dan perbedaan persepsi, di mana beberapa orang menganggap bahwa penanganan limbah adalah tanggung jawab pemerintah [1]. Salah satu jenis limbah cair yang umum dijumpai adalah limbah produksi tahu. Limbah dari proses pembuatan tahu mengandung bahan organik dan senyawa kimia yang berpotensi mengancam lingkungan. Metode sederhana untuk memurnikan air menggunakan eco enzyme dengan cairan organik yang dibuat dengan fermentasi dari sampah dari sayuran, buah, gula merah dan air dalam perbandingan 1:3:10 untuk menurunkan tingkat pencemaran di sungai. Proses fermentasi ini menghasilkan cairan mirip cuka yang mengandung protein, mineral garam, dan enzim yang menjadikannya sangat multifungsi [2].

Eco-enzim memiliki potensi untuk menurunkan tingkat limbah organik dari rumah tangga yang memiliki kandungan organik yang tinggi [3]. Eco-enzim memiliki banyak keuntungan. Salah satunya adalah bahwa mereka menghasilkan gas oksigen (ozon) selama proses pembuatan mereka, yang memiliki potensi untuk mengurangi pengaruh gas rumah kaca [4]. Dalam upaya meningkatkan efisiensi pengolahan limbah cair produksi tahu, penelitian tentang penerapan metode anaerob dengan penggunaan eco - enzim yang berfokus pada penguraian senyawa-senyawa organik alami menjadi relevan. eco - enzim memiliki potensi untuk mengatalisis degradasi senyawa-senyawa organik dalam limbah cair, yang pada gilirannya dapat membantu mengurangi tingkat TSS dan COD. Dampak enzim pada limbah air domestik dapat menghilangkan kandungan nitrogen amonia dan fosfat dalam proses pengenceran air limbah [5].

2. Metode Penelitian

Karakteristik Limbah Tahu

Hasil samping dari pembuatan tahu mencakup limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dari industri tahu dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan. Meskipun limbah cair tahu berasal dari berbagai langkah dalam proses pembuatan, seperti penyaringan, penekanan, pencucian kedelai, pencucian peralatan, dan air untuk rendaman kedelai bekas. Air dadih, cairan kental yang dipisahkan dari gumpalan tahu, disebut limbah cair tahu [6]. Cairan ini mudah terurai karena mengandung banyak protein. Limbah cair yang dihasilkan dari produksi sering dibuang tanpa pengolahan, menghasilkan bau tidak sedap dan mencemari sungai. Semua senyawa organik limbah industri terdiri dari protein dan lemak, dengan kadar protein 40-60%, karbohidrat 25-50%, dan lemak 10%.

Limbah cair lainnya berasal dari proses pemasakan, pencucian kedelai, pencucian peralatan, dan larutan sisa rendaman kedelai. Industri tahu mengeluarkan sekitar 15-20 liter limbah cair per kilogram bahan baku kedelai, dengan tingkat pencemaran sekitar 30 kilogram TSS per kilogram bahan baku kedelai, BOD sebesar 65 gram per kilogram bahan baku kedelai, dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 130 gram per kilogram bahan baku kedelai.

Tabel 1. Karakteristik awal air limbah tahu

No.	Parameter	Konsentrasi	Satuan	Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013
1.	TSS	567	Mg/L	100
2.	COD	9158	Mg/L	300
3.	pH	4		6-9

Sumber: Data peneliti, 2024

Eco - Enzim

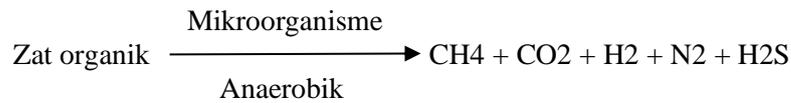
Eco-enzymes, juga disebut "enzim sampah", adalah larutan organik yang dibuat dengan fermentasi sederhana limbah buah dan sayuran segar dengan gula dan air. Dalam prosesnya, mereka melibatkan mikroorganisme pilihan seperti ragi dan bakteri [7]. Hasil dari fermentasi adalah larutan cuka yang mirip, yang mengandung protein alami, garam mineral, dan enzim, menjadikannya sangat serbaguna. Pada tahun 2006, seorang peneliti asal Thailand bernama Rosukun menciptakan solusi menggunakan limbah padat organik, dan produk ini dinamakan enzim sampah [8]. Enzim ini merupakan bahan organik komposit yang tersusun dari asam organik, rantai protein (enzim), dan garam mineral [9]. Kelebihannya adalah proses pembuatannya sederhana, bahan mudah didapat, membantu mengurangi jumlah sampah, dan kondusif untuk perlindungan lingkungan. Enzim yang ada dalam eco-enzim meliputi protease, lipase, dan amilase yang bertugas mempercepat proses penguraian protein, lemak, dan karbohidrat dalam limbah [10].

Proses Anaerob

Mengubah senyawa organik menjadi metana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) tanpa oksigen dikenal sebagai fermentasi anaerobik. Proses dekomposisi senyawa organik melalui fermentasi anaerobik terdiri dari tiga tahapan utama: hidrolisis, pembentukan asam, dan pembentukan metana. Dua kelompok bakteri yang memainkan peran penting adalah bakteri metanogen asetoklasik dan bakteri metanogen mengkonsumsi hidrogen. Bakteri metanogen asetoklasik mengubah asam asetat menjadi karbon dioksida dan metana, dan mereka juga mengubah nilai pH proses fermentasi dengan mengkonsumsi asam asetat dan menghasilkan CO₂.

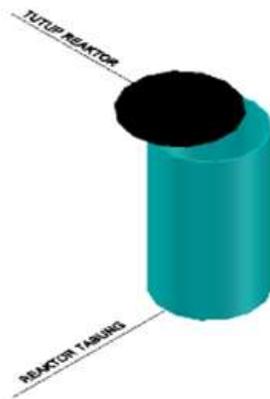
Methanobacterium formicum, Methanobacterium mobilis, Methanobacterium propionicum, Methanobacterium ruminantium, Methanobacterium sohngeniei, Methanobacterium anniellii, Methanobacterium bakteri, dan Methanobacterium methanica adalah beberapa contoh bakteri yang dapat menghasilkan metana [11]. Hanya mikroorganisme yang menggunakan molekul selain oksigen sebagai

akseptor hidrogen yang dapat mengurai zat organik dalam kondisi anaerobik. Proses ini menghasilkan biogas yang terdiri dari gas metana (50–70%), CO₂ (25–40%), dan sedikit H₂S. Secara keseluruhan, reaksi kimia dapat disederhanakan sebagai berikut:

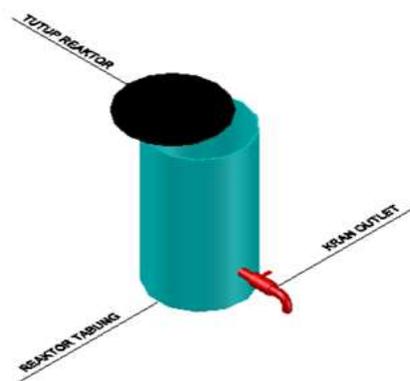


Desain Reaktor

Reaktor yang digunakan terdiri dari 3 bak untuk fermentasi dengan kapasitas 40 L, 9 bak untuk anaerob dengan kapasitas 16 L untuk proses Anaerob, Sendok pengaduk, Buffer pH 8 yang terbuat dari NaOH 1 N, Air 30 L untuk fermentasi, limbah kulit buah (kulit nanas dan jeruk), limbah sayur (sayur sawi putih dan sawi hijau), dan limbah tahu. Pada penelitian ini air limbah pada proses anaerob dilakukan secara batch, parameter yang akan diuji adalah TSS dan COD. Penelitian ini dibagi menjadi dua tahap. Pertama, Fermentasi limbah buah dan sayur dengan molase cair sehingga dapat disebut sebagai larutan eco – enzym. Kedua, Penurunan kandungan TSS dan COD dengan proses anaerob. Berikut adalah **Gambar 1-2** desain reaktor dari proses eco – enzym dan anaerob pada penelitian ini.



Gambar 1. Desain Reaktor Eco – Enzym Buah dan Sayur
 Sumber : Hasil Analisa, 2024



Gambar 2. Desain Reaktor Proses Anaerob Eco – Enzym Sayur
 Sumber : Hasil Analisa, 2024

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, limbah organik seperti sayuran atau buah segar, tetes tebu, dan air difermentasi sederhana untuk menghasilkan eco-enzim dalam perbandingan 1:3:10. Penelitian ini menggunakan variasi proses anaerobik dengan mencampurkan larutan eco-enzim dalam konsentrasi 5%, 10%, dan 15%. Proses anaerobik berlangsung selama 5, 10, dan 15 hari. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi eco-

enzim sebagai larutan pendukung dalam mengurangi kandungan TSS dan COD dalam air limbah tahu melalui proses anaerobik. Selama fermentasi, eco-enzim menghasilkan aroma asam, yang berasal dari asam asetat dalam produk cairan eco-enzim. Eco-enzim dibuat melalui fermentasi limbah buah dan sayuran, yang menghasilkan asam asetat sebagai produk sampingan [12].

Analisa Parameter COD Dengan Konsentrasi Eco Enzim 5%,10%,15%

Nilai COD yang terdapat pada air limbah tahu sebelum dilakukan pengolahan sebesar 9158 mg/L. Setelah melalui proses pengolahan penambahan eco enzim dengan proses anaerob, sampel diuji nilai COD nya. Dari proses pengujian didapatkan nilai COD pada setiap sampel yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Nilai Penurunan Parameter COD dan % Removal Pada Proses Anaerob

Td Hari	Uji Awal	Konsentrasi Eco Enzim						Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013
		5%		10%		15%		
		Eco Enzim buah						
COD Awal	Nilai COD	% Removal	Nilai COD	% Removal	Nilai COD	% Removal		
5 Hari	9158 Mg/L	4570 Mg/L	50,09%	5832 Mg/L	36,31%	6278 Mg/L	31,44%	300 Mg/L
10 Hari		2191 Mg/L	76,07%	3798 Mg/L	58,52%	4350 Mg/L	52,50%	300 Mg/L
15 Hari		991 Mg/L	89,17%	1439 Mg/L	84,28%	2011 Mg/L	78,04%	300 Mg/L
		Eco Enzim Sayuran						
	COD Awal	Nilai COD	% Removal	Nilai COD	% Removal	Nilai COD	% Removal	
5 Hari	9158 Mg/L	4735 Mg/L	48,29%	6054 Mg/L	33,89%	6347 Mg/L	30,69%	300 Mg/L
10 Hari		2534 Mg/L	72,33%	3991 Mg/L	56,42%	4520 Mg/L	50,64%	300 Mg/L
15 Hari		1125 Mg/L	87,71%	1609 Mg/L	82,43%	2215 Mg/L	75,81%	300 Mg/L

Sumber : Data peneliti, 2024

Sampling dilakukan dengan 3 variasi waktu detensi yang berbeda dengan 3 variasi konsentrasi eco enzim dan dilakukan pada waktu yang berbeda. Untuk eco enzim dengan waktu detensi 5 hari dilakukan pada hari Kamis 14 Desember, untuk eco enzim dengan waktu detensi 10 hari dilakukan pada hari Selasa 2 Januari dan untuk eco enzim dengan waktu 15 hari dilakukan pada hari Selasa 16 Januari. Adanya penurunan nilai parameter COD disemua perlakuan, ketika eco enzim mulai dicampurkan dengan air limbah tahu, dapat terlihat pada salah satu perlakuan pencampuran eco enzim buah 5% dengan waktu detensi hari kelima dengan awal nilai COD 9158 mg/l menjadi 4570 mg/l. Pada penelitian ini, nilai COD belum memenuhi standard baku mutu.

Tabel 3. Konsentrasi COD 5%, 10% dan 15% yang paling efektif

Tukey Pairwise Comparisons: konsentrasi			
Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence			
Konsentrasi	N	Mean	Grouping
5,00%	6	0,704333	A
10,00%	6	0,586417	A
15,00%	6	0,531867	A
<i>Means that do not share a letter are significantly different.</i>			

Sumber : Data Peneliti, 2024

Pada hasil uji ANOVA dapat dilihat pada **Tabel 3** bahwa konsentrasi yang paling memberikan pengaruh terhadap perubahan nilai COD adalah 10%, selanjutnya dapat dilihat pada tabel Grouping bahwa konsentrasi 5% terletak pada bagian atas dan di grup A dengan nilai rata-rata 0,971533. Sedangkan untuk konsentrasi 5% terletak pada bagian kedua dan di grup A dengan nilai rata-rata 0,970900, sedangkan untuk konsentrasi 15% terletak pada bagian ketiga dan di grup A dengan nilai rata-rata 0,968683. Sehingga dapat

disimpulkan bahwa konsentrasi 10% lebih banyak mempengaruhi perubahan nilai COD daripada konsentrasi 5% dan 15%.

Analisa Parameter TSS Dengan Konsentarsi Eco Enzim 5%, 10%, 15%

Konsentrasi TSS dalam air limbah tahu sebelum pengolahan adalah 567 mg/L. Setelah melalui proses pengolahan penambahan eco enzim dengan proses anaerob, sampel diuji nilai TSS nya. Dari proses pengujian didapatkan nilai TSS pada setiap sampel yang ditunjukkan pada **Tabel 4** di bawah.

Tabel 4. Nilai Penurunan Parameter TSS dan % Removal Pada Proses Anaerob

Td Hari	Uji Awal	Konsentrasi Eco Enzim						Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013
		5%		10%		15%		
		Eco Enzim buah						
TSS Awal	Nilai TSS	% Removal	Nilai TSS	% Removal	Nilai TSS	% Removal		
5 Hari	567 Mg/L	544 Mg/L	4,05%	546 Mg/L	3,7%	550 Mg/L	2,99%	100 Mg/L
10 Hari		538 Mg/L	5,11%	540 Mg/L	4,76%	546 Mg/L	3,7%	100 Mg/L
15 Hari		532 Mg/L	6,17%	536 Mg/L	5,48%	542 Mg/L	4,41%	100 Mg/L
Eco Enzim Sayuran								
	TSS Awal	Nilai TSS	% Removal	Nilai TSS	% Removal	Nilai TSS	% Removal	
5 Hari	567 Mg/L	548 Mg/L	3,35%	552 Mg/L	2,64%	556 Mg/L	1,94%	100 Mg/L
10 Hari		542 Mg/L	4,41%	548 Mg/L	3,35%	552 Mg/L	2,64%	100 Mg/L
15 Hari		536 Mg/L	5,48%	540 Mg/L	4,76%	546 Mg/L	3,7%	100 Mg/L

Sumber : Data Peneliti, 2024

Dari data **Tabel 4** menunjukkan bahwa sampling dilakukan dengan 3 variasi waktu detensi yang berbeda dengan 3 variasi konsentarsi eco enzim dan dilakukan pada waktu yang berbeda, untuk eco enzim waktu detensi 5 hari dilakukan pada kamis 14 desember, untuk eco enzim dengan waktu detensi 10 hari dilakukan pada hari selasa 2 januari, untuk eco enzim dengan waktu 15 hari dilakukan pada hari Selasa 16 Januari. Adanya penurunan nilai parameter TSS disemua perlakuan, ketika eco enzim mulai dicampurkan dengan air limbah tahu, dapat terlihat pada salah satu perlakuan pencampuran eco enzim buah 5% dengan waktu detensi hari kelima dengan awal nilai TSS 567 mg/l menjadi 544 mg/l. Pada penelitian ini, TSS belum mencapai di bawah standar baku mutu [12].

Tabel 5. Konsentrasi TSS 5%, 10%. 15% yang paling efektif

Tukey Pairwise Comparisons: konsentarsi			
Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence			
Konsentrasi	N	Mean	Grouping
5,00%	6	0,0476167	A
10,00%	6	0,0411500	A
15,00%	6	0,0323000	A
<i>Means that do not share a letter are significantly different.</i>			

Sumber : Data Peneliti, 2024

Pada uji ANOVA dapat dilihat pada **Tabel 5** bahwa konsentrasi yang paling memberikan pengaruh terhadap perubahan nilai COD adalah 5%. Selanjutnya dapat dilihat pada **Tabel 5** bahwa konsentrasi 5% terletak pada bagian atas dan di grup A dengan nilai rata-rata 0,0476167. Sedangkan untuk konsentrasi 10% terletak pada bagian kedua dan di grup A dengan nilai rata-rata 0,0411500, sedangkan untuk konsentrasi 15% terletak pada bagian ketiga dan di grup A dengan nilai rata-rata 0,0323000. Sehingga dapat disimpulkan bahwasanya konsentrasi 5% mempunyai dampak yang lebih signifikan pada perubahan nilai TSS dari pada konsentrasi 10% dan 15%. Untuk proses anaerob setiap hari nilai persen removal dari TSS

berbeda pada setiap perlakuan, nilai TSS setelah pengolahan dengan eco enzim sayur dan buah, dari yang diamati pada hari kelima mengalami penurunan. Penurunan parameter TSS tertinggi pada penelitian ini adalah variasi dari eco enzim buah dengan pencampuran konsentrasi eco enzim sebesar 5% pada waktu detensi hari ke 15, yaitu dengan nilai TSS yang dapat 532 mg/l dengan persen removal 6,17%. Sedangkan untuk Penurunan parameter TSS terendah pada penelitian ini adalah variasi dari eco enzim sayuran dengan pencampuran konsentrasi eco enzim sebesar 15% pada waktu detensi hari ke 5, yaitu dengan nilai TSS yang dapat 556 mg/l dengan persen removal 1,94%.

Hal tersebut kemungkinan terjadi karena konsentrasi eco enzim yang diberikan saat pengenceran terlalu banyak sehingga menyebabkan sampel semakin keruh dan eco enzim tidak bekerja secara optimal. Penurunan parameter TSS juga berbanding lurus dengan nilai pH. pH yang mendekati asam akan memberikan penurunan kadar TSS yang lebih baik dari pada pH mendekati basa [13]. Dalam hal ini dapat dilihat bahwa pH saat dilakukan penelitian mendapatkan pH 5 menunjukkan nilai yang paling mendekati asam dari pada nilai pH, sehingga nilai TSS dalam air limbah tahu dapat turun dalam kondisi anaerob namun penurunan tidak besar [14].

Mekanisme Reaksi Anaerob sebagai berikut:



Dalam reaksi tersebut, Mikroorganisme mengalami dua proses metabolisme: katabolisme dan anabolisme. Anabolisme terjadi saat mikroorganisme menyintesis bahan, yang merupakan reaksi endergonik yang memerlukan energi. Sementara itu, katabolisme terjadi melalui oksidasi dan respirasi, yang merupakan reaksi eksergonik karena melepaskan energi. Kelompok protein yang memainkan peran penting dalam proses biologis, yaitu enzim yang berfungsi sebagai katalis, bertanggung jawab atas proses transformasi substrat [15].

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini pencampuran cairan eco enzim mempengaruhi penurunan parameter TSS dan COD pada air limbah dengan proses anaerob. Hal ini disebabkan enzim yang dihasilkan dari eco enzim mengandung asam pada limbah organik pada eco enzim. Eco-enzim yang berasal dari limbah kulit buah dan sayuran dengan konsentrasi 5%, 10%, dan 15% dicampurkan ke dalam air limbah tahu. Eco-enzim dari limbah kulit buah terbukti lebih efektif dalam menurunkan nilai TSS dan COD ketika dicampur dalam konsentrasi 5% dengan air limbah tahu dalam proses anaerobik. Pada penurunan parameter TSS proses anaerob mampu menurunkan TSS sebesar 6,17% Sedangkan untuk penurunan parameter COD proses anaerob mampu menurunkan COD sebesar 89,17%. Pada pencampuran eco enzim ke air limbah tahu dalam proses anaerobik, penggunaan variasi waktu detensi hingga hari ke-15 menghasilkan tingkat penghilangan yang paling optimal.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada rekan-rekan dari Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur atas kontribusi wawasan dan keahlian yang sangat berharga dalam membantu penelitian ini.

6. Referensi

- [1] Riogilang, H. (2021). Model peningkatan partisipasi masyarakat dan penguatan sinergi dalam pengelolaasampah perkotaan di kelurahan sumompo kecamatan tuminting kota Manado. *Media Matrasain*, 17(2), 64-69.
- [2] Nazim, F. (2013). Treatment of Synthetic Greywater Using 5% and 10% Garbage Enzyme Solution. *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, 3(4), 111–117.
- [3] Mardiani, I. N., & Widiyanto, A. (2021). Pengaruh work-life balance, Lingkungan Kerja dan Kompensasi terhadap Kinerja karyawan PT Gunanusa Eramandiri. *Jesya (Jurnal Ekonomi & Ekonomi Syariah)*, 4(2), 985–993. <https://doi.org/10.36778/jesya.v4i2.456>
- [4] Taufiq, A., Hendro, A., Widayat, W., & Edward, L. (2022). Pemurnian Minyak Goreng Bekas dengan Menggunakan Adsorbent Zeolit dan Bleaching Earth. *Indonesia Journal of Halal*, 4(1): 16-23.
- [5] Tang FE and Tong CW.(2011). A Study of the Garbage Enzyme’s Effects in Domestic Wastewater. *International Journal of Environemntal*; 5(12): 887–892..

- [6] D. Ratnani. (2011). Kecepatan Penyerapan Zat Organik pada Limbah Cair Industri Tahu Dengan Lumpur Aktif. *Momentum*, 7 (2) : 18-24.
- [7] Thirumurugan, P., & Mathivanan, K. (2016). Production and analysis of enzyme bio-cleaners from fruit and vegetable wastes by using yeast and bacteria. *Student project Report (DO Rc. No. 1082/2015A)*, 4-6
- [8] Arun, C. Dan P. Sivashanmugam. (2015). Investigation of biocatalytic potential of garbage enzyme and its influence on stabilization of industrial waste activated sludge. *Process Safety and Environmental Protection* (94): 471–478.
- [9] Neupane, K., & Khadka, R. (2019). Production of Garbage Enzyme from Different Fruit and Vegetable Wastes and Evaluation of its Enzymatic and Antimicrobial Efficacy. *Tribhuvan University Journal of Microbiology*, 6(1), 113–118. <https://doi.org/10.3126/tujm.v6i0.26594>.
- [10] Widyastuti, S., Sutrisno, J., Wiyarno, Y., Gunawan, W., & Nurhayati, I. (2023). Eco enzim untuk pengolahan air limbah tahu. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 21(02).
- [11] Sani, E. Y. (2006). *Pengolahan air limbah tahu menggunakan reaktor anaerob bersekat dan aerob* (Doctoral dissertation, program Pascasarjana Universitas Diponegoro).
- [12] Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 (2014), Baku Mutu Limbah cair bagi industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur.
- [13] Rossi, L. M., Gallo, J. M. R., Mattoso, L. H. C., Buckeridge, M. S., Licence, P., dan Allen, D. T. (2021). Ethanol from Sugarcane and the Brazilian Biomass-Based Energy and Chemicals Sector. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 9(12), 4293–4295. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c01678>
- [14] Barman, I., Hazarika, S., Gogoi, J., & Talukdar, N. (2022). A Systematic Review on Enzyme Extraction from Organic Wastes and its Application. *Journal of Biochemical Technology*, 13(3), 32–37. <https://doi.org/10.51847/jvfupnki16>
- [15] Khasanah, M. A., & Rosariawari, F. (2022). Efektivitas Eco-Enzyme dalam Menurunkan TSS, TDS, Surfaktan pada Limbah Domestik dengan Variasi Proses Anaerob dan Koagulasi-Flokulasi. *ESEC Proc*, 3(1), 65-74.