



Eco enzim untuk pengolahan air limbah tahu

Sri Widyastuti^{1*}, Joko Sutrisno¹, Yoso Wiyarno², Wawan Gunawan³, Indah Nurhayati¹

¹ Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas PGRI Adi Buana, Surabaya, Indonesia

² Prodi Pendidikan Jasmani Program Pasca Sarjana Universitas PGRI Adi Buana, Surabaya, Indonesia

³ Prodi Teknologi Pembelajaran Program Pasca Sarjana Universitas PGRI Adi Buana, Surabaya, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received Mei 2023

Revised Mei 2023

Accepted Juni 2023

Available online Juli 2023

Kata Kunci:

Air limbah tahu, Eco Enzim, Sayur dan kulit buah

Keywords:

Tofu waste water, Eco Enzymes, Vegetables and fruit peels

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.

Copyright © 2022 by Author. Published by Universitas PGRI ADI BUANA SURABAYA.

ABSTRAK

Pada umumnya air limbah industri tahu dibuang ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu, sehingga berdampak tercemarnya lingkungan sekitar dan berbau kurang sedap. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh kadar eco enzim dan waktu tinggal terhadap penurunan BOD, COD dan TSS air limbah industri tahu. Tiga metode perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penambahan konsentrasi eco enzim 10%, 15% dan 20% pada air limbah industri tahu. Penelitian dilakukan selama 20 hari. Analisis kualitas limbah dilakukan pada hari ke-10, 15 dan 20. Hasil penelitian menyatakan perlakuan yang paling efektif adalah penambahan eco enzim 10% dengan waktu tinggal 20 hari. Penurunan BOD, COD dan TSS tertinggi masing-masing sebesar 79,75%, 41,38% dan 77,45%.

ABSTRACT

In general, tofu industrial waste water is discharged into rivers without being treated first, so that it has an impact on polluting the surrounding environment and smells bad. This study aims to examine the effect of eco-enzyme levels and residence time on the reduction of BOD, COD and TSS in tofu industry wastewater. Three treatment methods were used in this study, namely the addition of eco enzyme concentrations of 10%, 15% and 20% in tofu industrial waste water. The research was conducted for 20 days. Analysis of waste quality was carried out on the 10th, 15th and 20th day. The results showed that the most effective treatment was the addition of 10% eco enzyme with a residence time of 20 days. The highest reductions in BOD, COD and TSS were respectively 79.75%, 41.38% and 77.45%.

I. PENDAHULUAN

Berbagai teknologi telah diterapkan untuk mengolah limbah cair industri tahu. Teknologi tersebut diterapkan berdasarkan reaksi kimia, fisika dan biologi. Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk menurunkan konsentrasi pencemar air limbah industri tahu adalah penelitian yang dilakukan oleh [1], melakukan pengolahan dengan menggunakan lumpur aktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lumpur aktif bersumber dari lumpur sungai yang tercemar dapat menurunkan *Chemical Oxygen Demand* (COD) terbaik sebesar 81% dan *Total suspended solids* (TSS) sebesar 94% pada hari ke-13. Hasil penelitian menunjukkan penurunan efisiensi *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan TSS tertinggi pada kolam sebesar 41,91% dan 90,05% pada waktu detensi 5 jam. Sedangkan untuk efisiensi penyisihan BOD dan TSS pada drum reaktor tertinggi sebesar 35,57% dan 74,30% pada waktu pengolahan 5 jam. Penelitian [3] pengolahan air limbah tahu dengan elektrokoagulasi pada arus 12 volt dan debit aliran 0,087 L/menit, pH meningkat dari pH 3,5 menjadi 6,7; penyisihan COD 72,17%, BOD 71,53%, dan TSS 90,90%. Hasil uji penelitian [4] menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair industri dengan aerasi dan filtrasi dapat menurunkan TSS dan BOD masing-masing 83,8% dan 77,59%. Pengolahan limbah tahu dengan sistem anaerobik-aerobik dengan pembibitan bakteri selama 9 jam dapat menurunkan COD 91,49, BOD 93,59 dan TSS 93,42% [5].

Pengolahan limbah tahu menggunakan sistem kombinasi constructed wetland dan filtrasi menggunakan tumbuhan melati air dalam waktu 15 hari efektif menurunkan BOD, TSS, dan minyak lemak berturut-turut 52-95%, 45-67%, dan 59-78% dengan konsentrasi akhir 97 mg/L, 40 mg/L dan 4,2

*Corresponding author.

E-mail addresses: sriwidyastuti@unipasby.ac.id

mg/L [6]. Limbah cair tahu yang diolah menggunakan tanaman *Typha latifolia* 1 g/cm² pada hari ke-3 dapat meremoval COD 92,70% dan TSS 87,90% [7]. Secara umum, reaktor lahan basah dengan tanaman *cattail* dapat mereduksi parameter organik limbah tahu hingga memenuhi baku mutu yang telah ditentukan [8]. Hasil penelitian fitoremediasi menggunakan tanaman *hydrilla* terhadap penurunan kadar TSS air limbah tahu selama 6 hari dapat menurunkan TSS 80,63 % [9]. Limbah cair tahu mempunyai kandungan

Zat organik tinggi, sehingga pengolahan biologis merupakan sistem pengolahan yang terbaik [10]. Akan tetapi metoda pengolahan secara biologis cenderung lambat dan tidak dapat menangani limbah dalam jumlah besar, kecuali ada penambahan katalis. Katalis dalam proses biologis merupakan suatu enzim. Katalis berupa enzim ini, tidak hanya meningkatkan laju reaksi peruraian limbah, namun juga akan mengurangi penggunaan energi.

Enzim paling representatif yang terlibat dalam bioremediasi antara lain sitokrom P450s, lakase, hidrolase, dehalogenase, dehidrogenase, protease, dan lipase. Enzim tersebut telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dan berpotensi mendegradasi polimer, hidrokarbon aromatik, senyawa terhalogenasi, pewarna, deterjen, senyawa agrokimia [11]. Dalam metode pengolahan limbah secara biologis, enzim hidrolitik mikroba memainkan peran penting dalam pengeringan dan pengurangan kandungan padatan lumpur dengan mengurangi senyawa organik, menghilangkan organisme patogen dan bau. Metode biologis meningkatkan stabilitas limbah untuk pemanfaatan atau pembuangan lebih lanjut [12] [13]. Penambahan langsung mikroorganisme untuk stabilisasi akan berkontribusi pada sejumlah besar biomassa, sehingga meningkatkan volume lumpur; sebaliknya dapat dikurangi dengan menambahkan enzim secara langsung, yang bertanggung jawab terhadap proses degradasi [14] [15]. Selain itu, enzim yang kebanyakan berupa protein dan peptida mudah terurai, sehingga tidak akan polutan di badan air. Namun enzim yang dijual secara komersial terlalu mahal, sehingga penggunaan eco enzim menjadi alternatif. Selain dapat dibuat sendiri, sehingga lebih murah biayanya, juga dapat mengurangi efek gas rumah kaca, karena tidak membuang limbah ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) [16]. Enzim sampah juga memiliki pathogen killing atau sifat penghambat patogen [19].

Rosukon dari Thailand pada tahun 2006, menghasilkan produk penelitian dari limbah organik padat berupa larutan eco enzim. Eco enzim adalah larutan yang berisi zat organik kompleks rantai protein (enzim), asam organik dan garam dari proses fermentasi buah, kulit buah, sayur dan gula merah atau molase serta air [17] [18]. Enzim yang terdapat dalam eco enzim adalah enzim protease, lipase dan amilase yang berfungsi mempercepat peruraian protein, lemak dan karbohidrat yang terkandung dalam limbah [16] [20][22]. Bioremediasi dengan eco enzim menunjukkan berbagai mekanisme seperti oksidasi, reduksi, eliminasi, dan pembukaan cincin. Pendegradasi polutan yang signifikan dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan mikroorganisme hasil rekayasa genetika yang menghasilkan banyak enzim rekombinan melalui teknologi baru yang ramah lingkungan.

Kandungan zat organik eco enzim yang tinggi, memang tidak dapat digunakan untuk menghilangkan TDS, akan tetapi eco enzim dapat digunakan sebagai alternatif bantuan pengolahan terdesentralisasi dalam pengolahan air limbah domestik. Eco enzim digunakan untuk mengolah efluen sambil mempertahankan kisaran pH netral efluen di badan air. Eco enzyme merupakan solusi untuk mengolah alir limbah organik [21] [22] [23] [24].

Fungsi eco enzim sama dengan enzim pada umumnya, yaitu untuk mempercepat degradasi dengan waktu yang singkat. Eco enzim ini dapat berfungsi dalam empat kategori: membusuk, menyusun ulang, mengubah dan katalisis [17] [34]. Eco enzim dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan limbah dengan biaya yang lebih terjangkau dan mempercepat proses degradasi zat organik. Eco enzim juga dapat mengurangi lumpur dan bakteri berbahaya dalam limbah. Dengan demikian eco enzim dapat mendorong proses daur ulang limbah untuk Kembali ke bumi. Penelitian [21] [25] menghasilkan bahwa enzim dengan konsentrasi 5% dan 10% efektif untuk mengolah air limbah domestik.

Tujuan riset ini adalah mengkaji eco enzim dari limbah buah dan sayur untuk menurunkan BOD, COD, serta TSS air limbah industri tahu.

I. METODE PENELITIAN

1. Tempat

Langkah awal penelitian adalah pembuatan eco enzim yang dilakukan selama 3 bulan, di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Air PT Surya Sembada (PDAM) Surabaya dan Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya.

2. Alat dan Bahan

Pembuatan eco enzim menggunakan peralatan reaktor plastik yang kedap udara dengan volume 5 liter, pisau, papan pemotong buah dan sayuran, timbangan, wadah saringan. Sedangkan bahan yang digunakan untuk pembuatan eco enzim adalah limbah sayuran dan limbah kulit buah, air sebanyak 9 liter, dan molase 900 gram. Air limbah tahu berasal dari industri tahu di Jl. Pereng No. 4, Sepanjang, Kecamatan Taman, Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur.

3. Prosedur

a. Pembuatan Eco Enzim

Pembuatan eco enzim dengan cara menyiapkan air sebanyak 9 liter. Membagi air ke dalam 3 reaktor plastik masing-masing 3 liter. Memotong limbah sayur dan kulit buah dengan ukuran sedang. Menimbang limbah sayur dan limbah kulit buah sebanyak 2.700 gram. Memasukan 900 gram limbah sayur dan limbah kulit buah ke dalam masing-masing reaktor. Menambahkan molase sebanyak 300 gram ke dalam masing-masing reaktor. Mengaduk dan meremas-remas limbah kulit buah dan sayur sampai tercampur merata. Sebelum reaktor ditutup, tutup reaktor dialasi plastik kedap udara. Memberi label tanggal pembuatan dan masa panen eco enzyme pada setiap reaktor. Membuka tutup reaktor pada hari pertama dan ke-7 untuk mengeluarkan gas hasil fermentasi.

b. Proses Pengaplikasian Eco Enzim dalam Air Limbah Tahu

Melakukan analisis awal kualitas air limbah tahu sebelum diberi eco enzim untuk parameter BOD, COD dan TSS. Menyiapkan 3 reaktor, dimana masing-masing reaktor diisi air limbah tahu sebanyak 1 liter dan ditambahkan eco enzim dengan konsentrasi masing-masing 10%, 15%, dan 20% kemudian diaduk agar homogen. Reaktor ditutup dengan aluminium foil. Pengambilan sampel untuk analisis BOD, COD dan TSS dilakukan pada hari ke-10, 15 dan 20. Pengujian parameter BOD menggunakan metode analisa Lovibond BOD System BD- 600 Instruction Manual [26], COD menggunakan metode SNI 6989.2:2019 [27], dan TSS menggunakan metode SNI 6989.3:2019 [28]

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kualitas Kualitas Air Limbah Tahu Awal

Table 1. menunjukkan bahwa kualitas limbah cair industry tahu sebelum diolah dengan eco enzim untuk parameter TSS, BOD dan COD di atas baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah [29].

Tabel 1 Kualitas Air Limbah Tahu Sebelum diolah dengan Eco Enzim

No	Parameter	Satuan	Standart Maksimal	Hasil
1.	TSS	mg/L	100	232
2.	BOD ₅	mg/L	150	3614
3.	COD	mg/L	300	5570

2. Karakteristik Eco Enzim

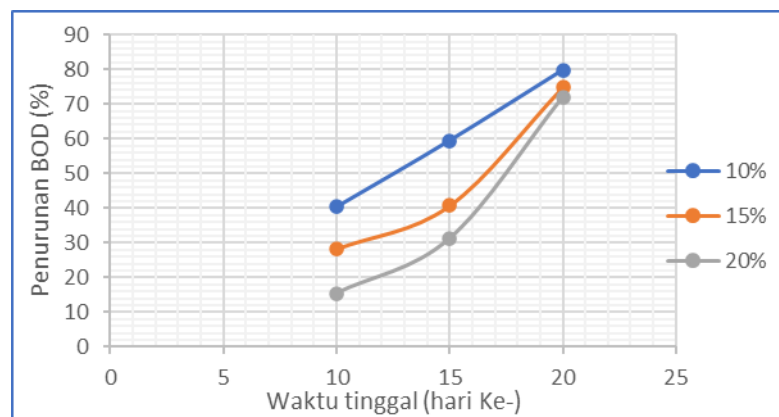
Table 2 menunjukkan bahwa eco enzim bersifat asam dengan nilai pH rendah yaitu antara 2,44 – 4,23. Eco enzim memiliki nilai pH yang rendah dalam penelitian ini menunjukkan tingginya berbagai kandungan asam organik seperti asam asetat atau asam sitrat. Eco Enzim yang dihasilkan memiliki aroma yang sama yaitu aroma segar khas fermentasi dan tidak tumbuh belatung. Selama proses fermentasi, karbohidrat di dalam limbah diubah menjadi asam volatil organik. Selain itu, karbohidrat dalam limbah kulit buah serta sisa sayur- mayur pula larut jadi larutan karbohidrat fermentasi sehingga pH eco enzim bersifat asam.

Tabel. 2. Karakteristik Eco Enzim

Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metode Uji
		P.1	P.2	
pH		2,44	4,23	pH Meter
BOD ₅	mg/L	40843,7	44025	SNI 6989.72:2009
COD	mg/L	55548,5	51721,9	SNI 6989.2:2009
TDS	mg/L	24342	27648	SNI 06-6989.27-005
Protein*	%	0.31	0.33	Titrimetri
E.coli*	APM/100 MI	<2	<2	MPN

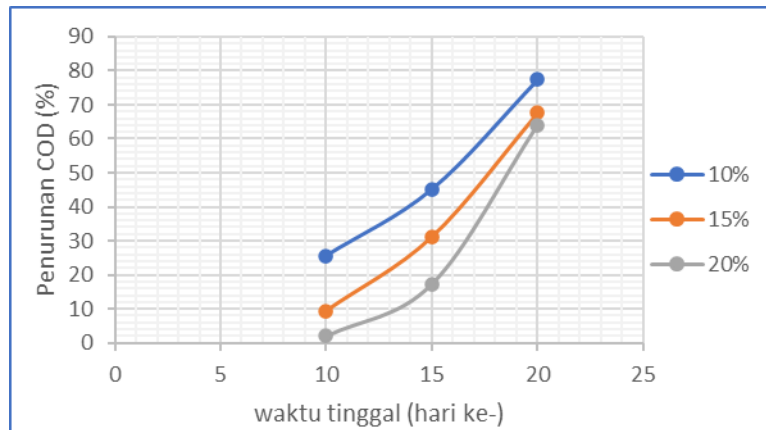
3. Penurunan Parameter BOD, COD dan TSS

Dari gambar 1, terlihat bahwa penurunan BOD mulai hari ke-10 sampai ke-20 mengalami kenaikan. Semakin tinggi eco enzim yang ditambahkan mulai dari 10% sampai 20% penurunan BOD semakin kecil. Penurunan BOD tertinggi sebesar 79,75% terjadi pada penambahan eco enzim 10% dengan waktu tinggal 20 hari. Sedangkan penurunan BOD paling kecil 15,5% terjadi pada penambahan eco enzim 20% waktu tinggal 10 hari.



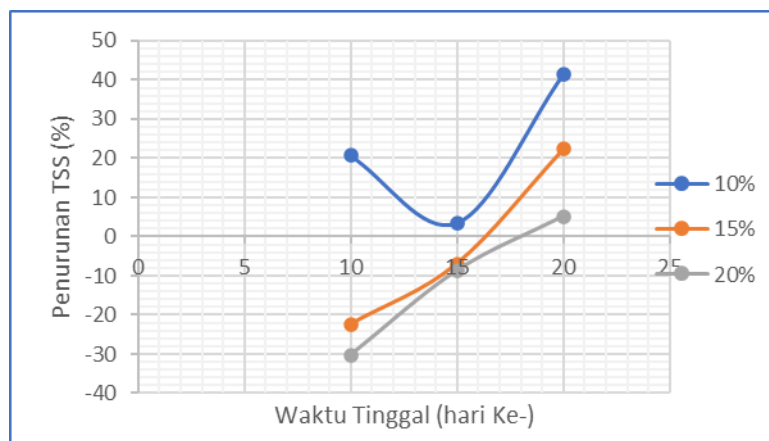
Gambar 1. Penurunan BOD

Gambar 2 memperlihatkan bahwa waktu tinggal dan kadar eco encim berpengaruh terhadap penurunan COD. Semakin lama waktu tinggal mulai 10 sampai 20 hari penurunan COD semakin tinggi. semakin banyak kadar eco enzim yang ditambahkan mulai 10% sampai 20% penurunan COD semakin kecil. Penurunan COD tertinggi sebesar 77,45% terjadi pada penambahan eco enzim 10% dengan waktu tinggal 20 hari. Penurunan COD terendah sebesar 2,05% terjadi pada penambahan eco enzim 20% dengan waktu tinggal 10 hari.



Gambar 2. Penurunan COD

Dari Gambar 3 terlihat bahwa penurunan TSS fluktuatif mulai hari ke-10 sampai ke-15. Pada hari ke-20 semua reaktor mengalami penurunan TSS. Penurunan TSS tertinggi 41,38% terjadi pada hari ke-20 dengan penambahan eco enzim 19%. Penurunan TSS terendah 5,17% terjadi pada hari ke-20 dengan penambahan eco enzim 20%. Kenaikan parameter TSS pada air limbah tahu, karena adanya penambahan zat organik dari eco enzim [17]



Gambar 3. Penurunan TSS

Seperti penelitian [17] menunjukkan, penurunan nilai BOD karena nilai parameter BOD akan berkurang seiring waktu proses pencampuran eco enzim dengan air limbah. Hal ini dikarenakan terjadi reaksi peruraian zat organik oleh mikroorganisme dalam eco enzim. Oleh sebab itu eco enzim dapat diaplikasikan pada air limbah dengan kandungan zat organik tinggi seperti air limbah tahu. Larutan eco enzim mampu menguraikan zat organik pada air limbah, selain karena kandungan mikroba baik, juga memiliki kandungan aktivitas enzim biokatalitiknya yaitu lipase, amilase dan protease[16][24].

Penelitian dari [17] menyebutkan kandungan asam sitrat dari limbah buah, tidak hanya mengganggu aktivitas zat polimer ekstraseluler (EPS) mikroba, tetapi juga melepaskan lebih banyak enzim melalui lisis sel untuk memecahkan dinding sel mikroorganisme [19]. Ketika struktur dinding sel mikroba limbah telah hancur, maka zat organik limbah yang mudah larut, akan lebih mudah larut lagi. hal ini akan memudahkan pengolahan lebih lanjut [30].

Enzim yang menghidrolisis juga akan menyebabkan ikatan rantai karbon pada molekul karbohidrat kompleks pada limbah menjadi molekul karbohidrat sederhana yang lebih mudah larut, pada 5 hari perlakuan [2]. Dari hasil yang diamati, kelarutan COD dengan lumpur yang

diolah dengan pH 3,5 dan 7,0 ditemukan masing-masing 84% dan 83% [16]. Enzim hidrolitik mendegradasi lumpur menyebabkan peningkatan kelarutan COD dan menunjukkan bahwa partikel organik telah larut.

Penurunan yang signifikan pada COD dalam air limbah setelah pengolahan, hal ini disebabkan adanya kandungan asam sitrat pada limbah kulit buah. Sifat asam dari kulit buah dapat sebagai pemecah molekul organik dari bentuk tidak larut menjadi bentuk larut sehingga mudah dilakukan pengolahan lebih lanjut [31].

Menurut [16], aktivitas biokatalitik protease berkaitan erat dengan bentuk tertentu dari enzim dan situs aktif sifat kimianya. Perubahan ikatan ionik cenderung mengurangi fungsi katalitik, menyebabkan aktivitas menjadi lebih tinggi pada pH 7,0. Pada eco enzim berbahan limbah kulit buah nanas, aktivitas amilase, berbeda untuk protease dan lipase. Pada pH 3,5 memiliki aktivitas amilase yang lebih tinggi, namun lebih rendah pada pH 7,0. Hal ini dimungkinkan disebabkan oleh sifat katalitik amilase yang dianggap bersifat asam dan kondisi yang tepat untuk peningkatan aktivitas enzim tersebut. Aktivitas lipase biasanya stabil pada kisaran pH 2,0-9,0 pada suhu kamar [17]. Selain itu, struktur enzim lipase terdiri dari gugus alkil pada permukaannya, yang dikenal sebagai penyebab hidrofobik kuat. Aktivitas lipase menjadi sedikit lebih tinggi untuk kedua pH (3,5 dan 7,0) [18]. Aktivitas biokatalitik maksimum enzim ini mampu untuk menurunkan jumlah tinggi lemak dan lipid dalam limbah.

Efisiensi pretreatment lumpur dapat diprediksi berdasarkan penyisihan parameter TSS dan Volatile *suspended solids* (VSS). TSS dan VSS adalah parameter penting untuk mengukur padatan partikulat dan padatan anorganik dalam limbah. Efek pretreatment dengan eco enzim berbahan limbah kulit nanas dengan pH 3,5 dan 7,0 pada penyisihan TSS dan VSS dengan waktu pretreatment 120 jam [2].

Selanjutnya, aktivitas protease enzim nanas pada pH lebih tinggi dari 7,0 telah memicu hidrolisis kelarutan protein dalam lumpur. Dengan demikian, efisiensi penyisihan TSS dan VSS ditemukan lebih tinggi karena pengurangan kandungan partikel padat dalam lumpur. Kelarutan lumpur dianalisis berdasarkan COD dan Total Ammonia Nitrogen (TAN) solubilisasi. COD dan TAN ditentukan untuk mengevaluasi zat organik yang tidak larut untuk membentuk menjadi organik yang zat larut. COD dan TAN keduanya dianalisis pada dua pH enzim yang berbeda, yaitu pH 3,5 dan pH 7,0 [2].

Reaksi enzim hidrolitik mampu hidrolase dan memecah zat organik yang tidak larut menjadi zat organik terlarut lumpur pada kedua kondisi pH enzim tersebut. Aktivitas enzim pada pH 3,5 tidak stabil karena sifat asam amino pada sisi aktif enzim mengalami protonasi dan deprotonasi yang mengionisasi amino asam dan mengubah ikatan ionik, menyebabkan enzim menjadi tidak aktif [32]. Penelitian [33] menyebutkan, tingginya TSS sampel setelah dicampur dengan eco enzim, dikarenakan enzim hidrolitik yang ada dalam larutan eco enzim mengandung asam sitrat dalam jumlah yang lebih tinggi dari enzim komersial yang lain. Tingginya kandungan enzim hidrolitik ini, berpotensi memecah lebih banyak molekul organik kompleks pada air limbah.

Penambahan eco enzim yang efektif untuk menurunkan BOD, COD serta TSS pada air limbah tahu yaitu pada penambahan eco enzim 10% dalam waktu tinggal 20 hari. Penurunan nilai parameter BOD, COD dan TSS ini, pada penambahan eco enzim 10% lebih tinggi dibandingkan menggunakan penambahan eco enzim sebesar 15% dan 20%.

Faktor kepekatan konsentrasi eco enzim berbanding terbalik dengan lama waktu penambahan eco enzim. Lama waktu mempengaruhi proses pengolahan air limbah tahu dengan eco enzim. Semakin lama waktu penambahan eco enzim, maka penurunan nilai BOD, COD dan TSS pada air limbah tahu juga semakin banyak [34][35].

Penurunan beban pencemar parameter BOD, COD, dan TSS tertinggi dalam penelitian ini yaitu BOD sebesar 79,75%, TSS 41,38% dan COD 77,45%, lebih besar dibandingkan dengan pengolahan air limbah domestik oleh [17]. Dimana [17] memperoleh persentase penurunan

pada parameter BOD sebesar 66%, persentase COD sebesar 49% dan presentase TDS sebesar 14% dengan lama waktu proses pengolahan eco enzim selama 5 hari.

4. KESIMPULAN

Penambahan eco enzim kulit buah dan sayur pada pengolahan air limbah tahu yang paling afektif dalam menurunkan BOD, COD dan TSS adalah penambahan 10% dengan waktu tinggal 20 hari. Penurunan BOD, COD dan TSS tertinggi masing-masing sebesar 79,75%, 41,38% dan 77,45%,

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sakinah, N E, L T Rahmatullah, E P Kuncoro and N I Oktavitri, Performance of sequencing batch reactor (SBR) of treated tofu wastewater: variation of contact time and activated sludge sources, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 259, International Conference on Science and Technology for Environmental Protection 8–9 August 2018, Surabaya, Indonesia, 2019, pp 1-4
- [2] Syahirah, M. F., dan Nazaitulshila, R., The Utilization of Pineapples Waste Enzyme for the Improvement of Hydrolysis Solubility in Aquaculture Sludge. *Journal of Energy and Safety Technology (JEST)*, Vol 1 , pp 2-2, 2019.
- [3] Amri, Idral, Pratiwi Destinefa dan Zultiniar Chempublish, Journal Vol. 5 No1 Pengolahan limbah cair tahu menjadi air bersih dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu, pp 57-67, 2020
- [4] Pradana, Tedy Dian, Suharno dan Apriansyah, Pengolahan Limbah Cair Tahu Untuk Menurunkan Kadar TSS dan BOD, *Jurnal Vokasi Kesehatan, JVK Volume 4 Nomor 2*, hal 56-62, 2018
- [5] Rahadi, Bambang, Ruslan Wirosodarmo, dan Aprilia Harera, Sistem Anaerobik-Aerobik Pada Pengolahan Limbah Industri Tahu Untuk Menurunkan Kadar BOD₅, COD, dan TSS, *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Volume 5 Nomor 1*, hal 18-26, 2018
- [6] Kasman, Monik, Anggrika Riyanti, Salmariza. Sy, dan Muhammad Ridwan, Reduksi Pencemar Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) Dalam Sistem Kombinasi Constructed Wetland dan Filtrasi, *Jurnal Litbang Industri - Vol. 8 No. 1*, hal 39 – 46, 2018
- [7] Azmi, Muhammad, Edward HS, David Andrio, 2016, Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Typha latifolia* dengan Metode Constructed Wetland , *Jom F TEKNIK Volume 3 No.2*, hal 1-5, 2016
- [8] Rahmani, Aulia Fajar dan Marisa Handajani, Efisiensi Penyisihan Organik Limbah Cair Industri Tahu Dengan Aliran Horizontal Subsurface Pada Constructed Wetland Menggunakan *Typha Angustifolia* *Jurnal Teknik Lingkungan Volume 20 Nomor 1*, hal 78-87, 2014.
- [9] Ruhmawati, Tati, Denny Sukandar, Mimin Karmini, dan Tatang Roni S., Penurunan Kadar Total Suspended Solid (Tss) Air Limbah Pabrik Tahu dengan Metode Fitoremediasi, *Jurnal Permukiman Vol. 12 No. 1*, hal 25-32, 2017
- [10] Shivalik, Yatin dan Amit Goyal, Treatment of Domestic Waste Water Using Organic Bio-Enzymes Extracted from Seasonal Citrus Fruits, *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET Volume 10 Issue VIII, pp 1023-1026, 2022.*
- [11] Bhandari, Sobika, Karan Khadayat, Kusum Basnet, Darbin Kumar Poudel, Sitaram Phuyal, Uddhav Khadka, Rishab Marahatha, Shreesti Shrestha, Nirajan Parajuli, Sonika Dawadi, and Santosh Gaire, 2021, Review Article Microbial Enzymes Used in Bioremediation, *Hindawi Journal of Chemistry, Volume, (4):1-17, 2021*

- [12] Fidiastuti, Hasminar Rachman dan Endang Suarsini , Potensi Bakteri Indigen Dalam Mendegradasi Limbah Cair Pabrik Kulit Secara *In Vitro* , Bioeksperimen Volume 3 No.1, hal 1-10, 2017.
- [13] Utami, Linda Ayu dan Agung Suprihadi , Pemanfaatan Limbah Tahu sebagai Media Pertumbuhan *Aspergillus flavus* DUCC-K225 untuk Produksi Enzim Protease Berkala Bioteknologi, Vol. 1, No.1, Hal 1-6, 2018.
- [14] Munawaroh, Ulum, Mumu Sutisna dan Kancitra Pharmawati, Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan Pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) serta Pemanfaatannya, Reka Lingkungan Jurnal Institut Teknologi Nasional Teknik Lingkungan Itenas Volume 1 Nomor 2, hal 93-104, 2013.
- [15] Suleman, Nita dan Nurhayati Lambayu, 2022, Teknik pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Penambahan Bakteri *Biotreatment* , Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan II (SENASTITAN II) ISSN 2775-5630 Surabaya, 19 Maret 2022, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 2022,hal 19-25,
- [16] Arun, C., & Sivashanmugam, P., Solubilization of waste activated sludge using a garbage enzyme produced from different pre-consumer organic waste. *RSC Advances*, Volume 5 Nomor 63, pp 51421–51427, 2015.
- [17] Selvakumar and Sivashanmugam, Multi-hydrolytic biocatalyst from organic solid waste and its application in municipal waste activated sludge pre-treatment towards energy recovery S. P, S. P / Process Safety and Environmental Protection 117, pp 1–10, 2018.
- [18] Jelita, Rida, Produksi Eco Enzyme dengan Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga untuk Menjaga Kesehatan Masyarakat di Era New Normal, Jurnal Maitreyawira, Volume 3, Nomor 1, hal 28-35, 2022.
- [19] Galintin, Olgalizia, Nazaitulshila Rasit dan Sofiah Hamzah, Production and Characterization of Eco Enzyme Produced from Fruit and Vegetable Wastes and its Influence on the Aquaculture Sludge, *Biointerface Research in Applied Chemistry*, Volume 11, Issue 3, pp 10205 – 10214, 2021.
- [20] Samriti, Sajal Sarabhai and Arti Arya , Garbage enzyme: A study on compositional analysis of kitchen waste ferments, *The Pharma Innovation Journal* 2019; 8(4): 1193-1197
- [21] Nazim and V. Meera, “Treatment of Synthetic Greywater Using 5 % and 10 % Garbage Enzyme Solution,” *Bonfring Int. J. Ind. Eng. Manag. Sci.*, Volume 3 Nomor 4, pp.111–117, 2013,
- [22] Bernadin Dwi M, Desmintari dan Yuhanijaya, Pemberdayaan Masyarakat Desa Citeras Rangkasbitung Melalui Pengolahan Sampah dengan Konsep *Eco-enzyme* dan Produk Kreatif yang Bernilai Ekonomi, *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat* Volume 2 Nomor 1 ISSN. 2541-3805, hal C-1 s/d C-6, 2017.
- [23] Mira Andam Dewi, Rina Anugrah, dan Yessy Aprillia Nurfitri, Uji Aktivitas Antibakteri Ekoenzim Terhadap *Escherichia Coli* dan *Shigella Dysenteriae* [Conference] // Seminar Nasional Farmasi (SNIFA) 2 UNJANI. - Cimahi : UNJANI. ,
- [24] Megah Suswanto Ismadi, Dewi Desi Surlitasari and Wilany Eka Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Dugunakan Untuk Obat dan Kebersihan [Journal]. - [s.l.] : Minda Baharu, Vol. 2. pp. 50 – 58, 2018.
- [25] Saramanda Geetha dan Jyothi Kaparapu, Antimicrobial Activity of Fermented Citrus Fruit Peel Extract , *Int. Journal of Engineering Research and Application* ISSN : 2248-9622, Vol. 7, Issue 11, (Part -7), pp.25-28, 2017.
- [26] Metode Analisa Lovibond BOD System BD- 600 Instruction Manual,
- [27] Parameter COD menggunakan metode analisa SNI 6989.2:2019
- [28] TSS menggunakan metode analisa SNI 6989.3:2019
- [29] Lampiran I Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/Menlhk/Setjen/Kum.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

- [30] Zhang, Yan, Jacob Nedergaard Pedersen, Bekir Engin Eser, and Zheng Guo, Biodegradation of polyethylene and polystyrene: From microbial deterioration to enzyme discovery *Biotechnology Advances* 60(3):107991, 2022.
- [31] Sahil Salvi dan Samiksha Kerker, 2020, Application of Eco-Enzyme for Domestic Waste Water Treatment
- [32] Muhammed Seid Anbesaw, Characterization and Potential Application of Bromelain from Pineapple (*Ananas comosus*) Waste (Peel) in Recovery of Silver from X-Ray Films , Hindawi International Journal of Biomaterials Volume 2021, Article ID 9964337, 12, 2021.
- [33] Rasit, N., Fern, L. H., & Ghani, A. W. A. K., Production and Characterization of Eco Enzyme From Tomato and Orange Wastes and Its Influence. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, Vol 10, No 03, pp 967–980, 2019.
- [34] Deepak, V., Singh, A. N., dan A.K, P. S., Use of Garbage Enzyme. *International Journal of Scientific Resarch and Review*, Vol 07 No.07, pp 210–215, 2019.
- [35] Joseph, Ashish and Joji, Joan Grace and Prince, Niksy Maria and Rajendran, Renisha and Nainamalai, Mohanraj and M, Vishnu, Domestic Wastewater Treatment Using Garbage Enzyme, Proceedings of the International Conference on Systems, Energy & Environment (ICSEE), pp 361-366, 2021.