



Eco Enzyme untuk Menurunkan Kadar Surfaktan, Nitrogen dan Fosfat pada Air Limbah Laundry

Sri Widyastuti^{1)*}, Rhenny Ratnawati²⁾, Sugito³⁾, Yoso Wiyarno⁴⁾ dan Pungut⁵⁾

^{1,2,3,5} Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Surabaya, Indonesia

⁴ Prodi Pendidikan Jasmani, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Surabaya, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received December 28, 2022

Revised January 18, 2023

Accepted January 30, 2023

Available online Januari 31, 2023

Kata Kunci:

eco enzyme, fosfat, nitrogen, surfaktan

Keywords:

eco enzyme, fosfat, nitrogen, surfaktan



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

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

ABSTRAK

Tujuan penelitian dilakukan untuk melihat bagaimana pengaplikasian oleh eco enzim terhadap kadar surfaktan, nitrogen dan fosfat pada sampel air limbah domestik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mencampurkan eco enzim dengan konsentrasi 0 % (R1), 10% (R2), 20% (R3) dan 25% (R4) dengan volume sampel air limbah sebanyak 6 liter untuk setiap reaktor. Pendiaman dilakukan selama 15 hari, pengambilan sampel di analisis pada hari ke -0, 3, 6, 9, 12, dan ke15. Konsentrasi eco enzim yang paling efektif untuk menurunkan kadar surfaktan, nitrogen dan fosfat adalah pada konsentrasi 25 % dengan penurunan kadar surfaktan sebanyak 0,77%, penurunan kadar nitrit 0,79%, penurunan kadar nitrat 0,85%, penurunan kadar amonia 0,96% dan penurunan kadar fosfat 0,92%. Hasil dari penurunan kadar surfaktan dan amonia belum sesuai dengan baku mutu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur yang berlaku untuk Pemukiman dan Usaha laundry.

ABSTRACT

This study provides data on the ability of eco-enzymes to reduce surfactant, nitrogen and phosphate levels in domestic wastewater samples. The method used in this study is to mix eco enzymes with concentrations of 0%, 10%, 20% and 25% with wastewater. The incubation was carried out for 15 days, the time of sampling for analysis was on the 0, 3, 6, 9, 12 and 15 days. The most effective eco-enzyme concentration to reduce surfactant, nitrogen and phosphate levels was at a concentration of 25%. The results of the decrease in surfactant and ammonia levels have not met the quality standards in accordance with Attachment III of East Java Governor Regulation Number 72 of 2013 for Settlements and Laundry Businesses.

I. PENDAHULUAN

Air limbah domestik juga menjadi salah satu sumber polusi, karena dibuang dari pemukiman dan area komersial ke saluran drainase atau sungai tanpa perlakuan apapun [1]. Limbah domestik memiliki salah satu komponen yang dapat berdampak buruk bagi lingkungan yaitu deterjen atau surfaktan [2]. Pencemaran air berasal dari limbah cair domestik memberikan kontribusi pencemaran air sebesar 87% sementara itu sisanya berasal dari limbah cair industri [3]. Air limbah domestik yang berasal dari usaha laundry berpengaruh terhadap kualitas air tanah, terutama parameter kimia seperti fosfat dan pH [4].

Penggunaan deterjen dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan pencemaran air yang lebih besar sehingga dapat membahayakan kehidupan biota air, tumbuhan, dan manusia yang mengkonsumsi air tersebut. Surfaktan dalam air dapat mengganggu masuknya oksigen dari udara ke dalam air. Senyawa yang terkandung dalam surfaktan dapat menyebabkan eutrofikasi pada perairan. Pengaruh selanjutnya adalah berupa penghambatan pertumbuhan dan menyebabkan kerusakan fungsi pada berbagai organ tubuh dari organisme perairan [5].

*Corresponding author.

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

Teknologi pengolahan air limbah telah semakin bagus, dan saat ini dimungkinkan untuk mengolah air limbah menjadi sangat efisien dan murah [1], dan [6].

Ada banyak cara untuk mengolah air limbah domestik agar bisa digunakan kembali. Berbagai metode pengolahan harus aman dari sudut pandang kesehatan dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Air limbah domestik yang terkumpul dalam saluran drainase perkotaan memungkinkan peluang untuk memaksimalkan program daur ulang. Penggunaan kembali air limbah domestik dapat dilakukan, asalkan disaring untuk menghilangkan rambut, serat dan partikel tersuspensi lainnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pengolahan dengan sistem koagulasi dan flokulasi, filtrasi pasir aktif, adsorpsi karbon aktif serta gabungan antara filtrasi pasir aktif dan adsorpsi karbon aktif mampu menurunkan kekeruhan hingga batas maksimum untuk air bersih. Air yang dihasilkan bukan merupakan air bersih tetapi aman untuk dibuang ke lingkungan [7],[8],[9],[10],[11] dan [12].

Hasil analisis oleh [13] menunjukkan bahwa penggunaan EM4 efektif dalam menurunkan kadar MBAS dan fosfat namun penggunaan EM4 yang semakin banyak belum tentu semakin baik dalam mendegradasi kadar MBAS atau surfaktan. Dalam pengolahan air limbah tersedia berbagai macam zat yang dapat bersifat sebagai koagulan ataupun zat yang digunakan untuk pengurai limbah yang bersifat biologi dan kimia. Koagulan kimia mungkin berbahaya bagi lingkungan dan umumnya tidak disarankan atau dilarang karena bersifat asam kuat, basa atau kandungan beracun lainnya, yang mungkin mengakibatkan efek buruk pada komponen sistem, struktur tanah, atau kualitas air tanah. Koagulan biologi mempunyai dampak menguntungkan yang signifikan dan tidak merugikan secara langsung terhadap sistem pengolahan limbah [6].

Enzim yang digunakan dalam air limbah termasuk dalam kategori zat pengurai limbah secara biologis. Sebagai contoh enzim seperti laccase telah banyak digunakan dan dieksplorasi dalam sistem pengolahan air limbah untuk menguraikan polutan. Enzim juga telah digunakan dalam pra-pengolahan air limbah, khususnya dalam air limbah yang kaya dalam lipid dan lemak [14]. Lipase pankreas digunakan untuk hidrolisis dan untuk mengurangi ukuran partikel lemak di air limbah rumah pemotongan hewan, dan untuk hidrolisis air limbah dari industri susu [15]. Sebuah kajian menyebutkan, sifat oksidatif enzim dalam air limbah, berasal dari bakteri, jamur dan tumbuhan, dan fenoloksidase, termasuk lakase, disajikan oleh [1].

Eco enzim adalah larutan organik yang dihasilkan melalui proses fermentasi sederhana dari limbah sayuran, gula merah dan air dengan proses yang hampir sama dengan pembuatan anggur [16].

Para peneliti menggambarkan eco enzim sebagai zat organik kompleks protein rantai pendek, garam mineral dan hormon dan juga diklaim bahwasanya eco enzim berfungsi untuk menguraikan, mengubah serta mengkatalisis reaksi [17]. Limbah kulit dan buah sebagai bahan baku yang berbeda akan menghasilkan fungsi enzim yang berbeda, dan dalam konsentrasi yang berbeda [18]. Namun, belum ada literatur yang menyebutkan secara pasti tentang konstituen atau molekulnya struktur, tentang komponen-komponennya, efek penggunaan dan mekanisme reaksinya.

Hasil pengujian didapatkan bahwa air limbah domestik saluran pembuangan Jalan Biduri Pandan Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik melebihi batas baku mutu pada aturan yang telah ditetapkan untuk Pemukiman dan Usaha Laundry. Kandung kadar surfaktan, nitrat dan nitrit pada air limbah domestik di saluran pembuangan Jalan Biduri Pandan, Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik yang melebihi baku mutu. Kadar nitrat dan nitrit yang tinggi dapat disebabkan oleh kotoran binatang, buangan rumah tangga dan air yang terpapar sisa tumbuhan secara alamiah [19].

Menurut [20] surfaktan anionik merupakan surfaktan yang paling banyak digunakan di masyarakat khususnya untuk proses pencucian pakaian dalam rumah tangga maupun industri laundry karena surfaktan anionik ini mempunyai daya pembersih yang kuat, murah dan mudah diperoleh di masyarakat. Oleh karena itu surfaktan anionik menjadi salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui adanya pencemaran air. Karakteristik air limbah domestik yang ditampung adalah berwarna abu-abu keruh dan terdapat buih atau busa. Saat sampel air limbah domestik ditampung ke dalam ember dilakukan pengadukan agar sampel bersifat homogen.



Gambar 1. Sampel Air Limbah Domestik

Analisis awal kadar surfaktan, nitrogen dan fosfat pada sampel air limbah domestik terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Awal Air Limbah Domestik

Parameter	Standart Maksimal (mg/L)*	Hasil (mg/L)
Detergent (MBAS)	10	11,51
(PO ₄)	10	4,2
NO ₂ -N	-	1,24
NO ₃ -N	-	9,83
(NH ₃ -N)	-	5,37

Keterangan: *) Lampiran III Peraturan untuk Pemukiman dan Usaha laundry.

II. METODE

A. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan eco enzim yang terbuat dari kulit semangka, kulit pepaya, batang bayam, sawi hijau, kubis dan molase yang sudah melalui masa fermentasi 3 bulan, sampel air limbah domestik sebanyak 24 liter, gelas ukur, reaktor penelitian dari plastik, kertas label dan batang pengaduk.

B. Proses Pembuatan Eco Enzim

Sampah organik kulit semangka, kulit pepaya, batang bayam, sawi hijau dan kubis masing-masing sebanyak 216 gram yang sudah dipotong kecil sekitar 1-3cm dicampurkan ke dalam 3,6 liter air yang berisikan 360 gram molase tebu dengan perbandingan 1:3:10. Semua bahan masuk ke reaktor kedap udara dan di fermentasikan selama 3 bulan dalam suhu ruang. Setelah 3 bulan larutan eco enzim yang telah siap untuk digunakan disaring terlebih dahulu untuk menghilangkan endapan dari bahan-bahan yang di fermentasi. Eco enzim yang telah disaring kemudian di takar sebanyak 0 ml (R1), 600 ml (R2), 1200 ml (R3) dan 1500 ml (R4). Eco enzim yang telah di takar kemudian ditambahkan ke dalam reaktor yang masing-masing berisi air limbah domestik sebanyak 6000 ml. Reaktor yang telah berisi eco enzim dilakukan pendiaman selama selama 15 hari dengan pengambilan sampel untuk di analisis pada hari ke-0, ke-3, ke-6, ke-9, ke-12 dan ke-15. Pengambilan sampel air limbah domestik dilakukan pada saat aktivitas rumah tangga sedang berlangsung sehingga kadar pencemar tinggi.

C. Analisis kadar surfaktan, nitrogen dan fosfat pada sampel air limbah domestik

Metode yang digunakan untuk menganalisis kadar surfaktan pada penelitian ini adalah dengan metode analisis menurut [21] SNI-06-6989.51-2005 dan menggunakan alat spektrofotometer, untuk analisa kadar fosfat, nitrit dan nitrat menggunakan metode analisis menurut [22] APHA-4500-2017, sedangkan untuk analisa kadar amonia menggunakan metode analisis menurut [23] SNI-06-6989.51-2005 dengan menggunakan alat spektrofotometri.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik eco enzim secara fisik

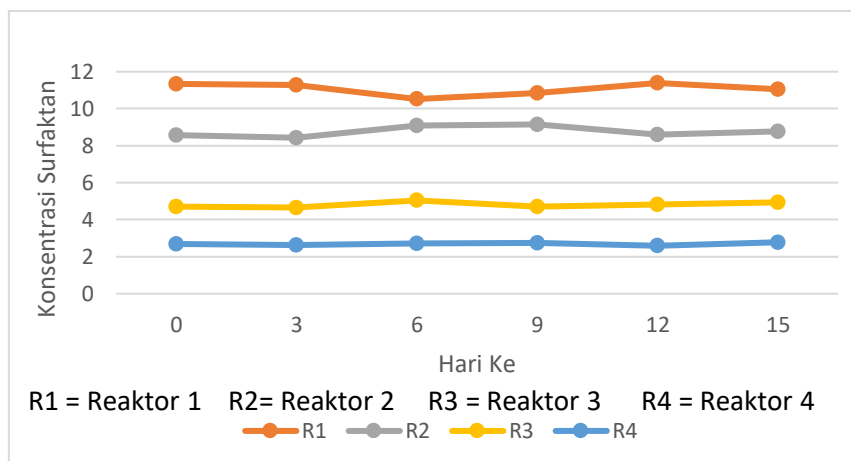
Karakteristik eco enzim yang terbuat dari sampah organik kulit semangka, kulit pepaya, batang bayam, sawi hijau dan kubis serta molase tebu memiliki warna coklat gelap, bau asam khas fermentasi dan memiliki pH 3,25 yang telah sesuai dengan persyaratan eco enzim yaitu memiliki pH dibawah 4.



Gambar 2 Karakteristik eco enzim secara fisik

B. Hasil Analisa Kadar Surfaktan

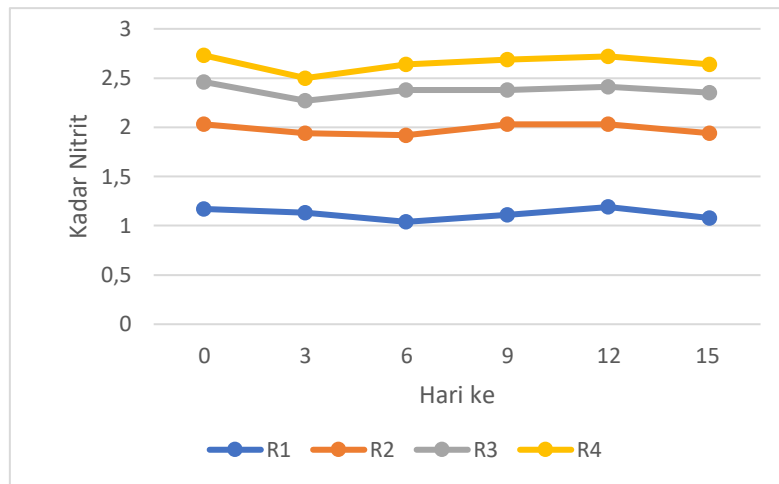
Hasil analisa kadar surfaktan menunjukkan pada reaktor 2 dengan kadar eco enzim 10% , prosentase penurunan kadar surfaktan tertinggi dicapai pada hari ke-3 dengan kadar awal 11,27 mg/L menjadi 8,43 mg/L. Pada reaktor 3 dengan kadar eco enzim 20% penurunan kadar surfaktan tertinggi dicapai pada hari ke-3 dengan kadar 4,66 mg/L. Pada reaktor 4 dengan kadar eco enzim 25% penurunan kadar surfaktan tertinggi dicapai pada hari ke-12 dengan kadar 2,59 mg/L.



Gambar 3 Hasil Analisa Kadar Surfaktan

C. Analisa kadar nitrit dalam nitrogen

Dari hasil uji kadar nitrit dalam nitrogen yang ada pada air limbah domestik terdapat penurunan tertinggi ada pada reaktor 4 dengan konsentrasi eco enzim sebanyak 25% didapatkan hasil penurunan tertinggi adalah 0,23 mg/L sedangkan penurunan terendah terdapat pada reaktor 2 dengan konsentrasi eco enzim 10% yaitu sebanyak 0,92 mg/L.

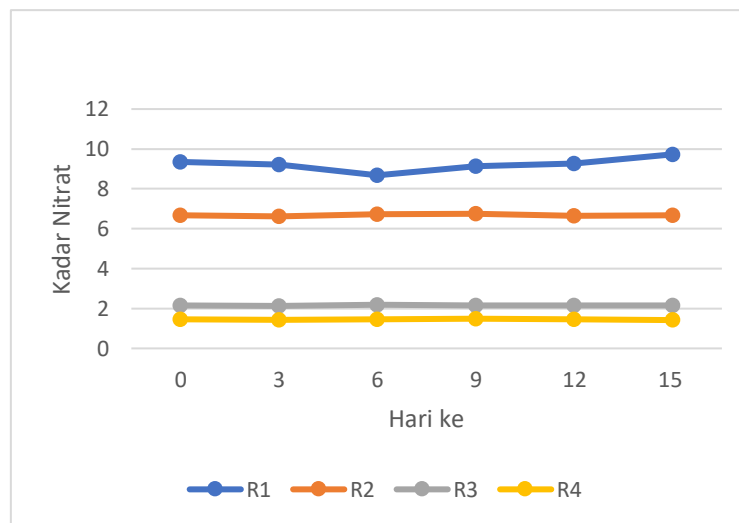


R1 = Reaktor 1 R2= Reaktor 2 R3 = Reaktor 3 R4 = Reaktor 4

Gambar 4. Grafik Pengaruh Eco Enzyme Terhadap Kadar Nitrit

D. Analisa kadar nitrat dalam nitrogen

Hasil uji kadar nitrit dalam nitrogen yang ada pada air limbah domestik terdapat penurunan tertinggi ada pada reaktor 4 dengan konsentrasi eco enzim sebanyak 25% didapatkan hasil penurunan tertinggi adalah 1,42 mg/L sedangkan penurunan terendah terdapat pada reaktor 2 dengan konsentrasi eco enzim 10% yaitu sebanyak 6,75 mg/L.

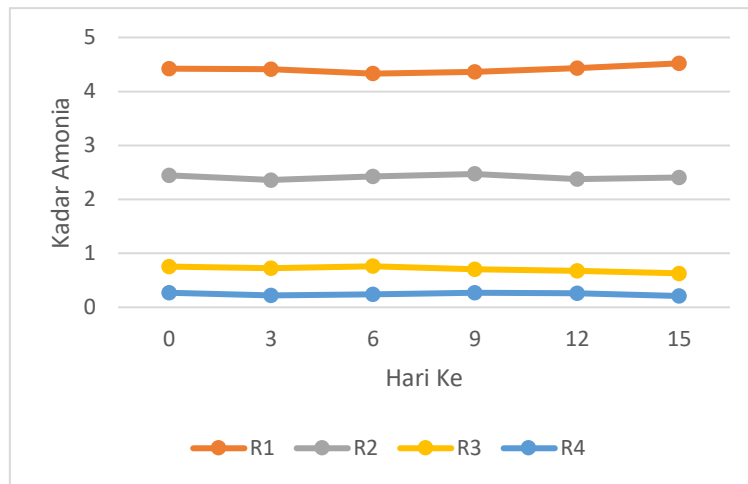


R1 = Reaktor 1 R2= Reaktor 2 R3 = Reaktor 3 R4 = Reaktor 4

Gambar 5. Grafik Pengaruh Eco Enzyme Terhadap Kadar Nitrat

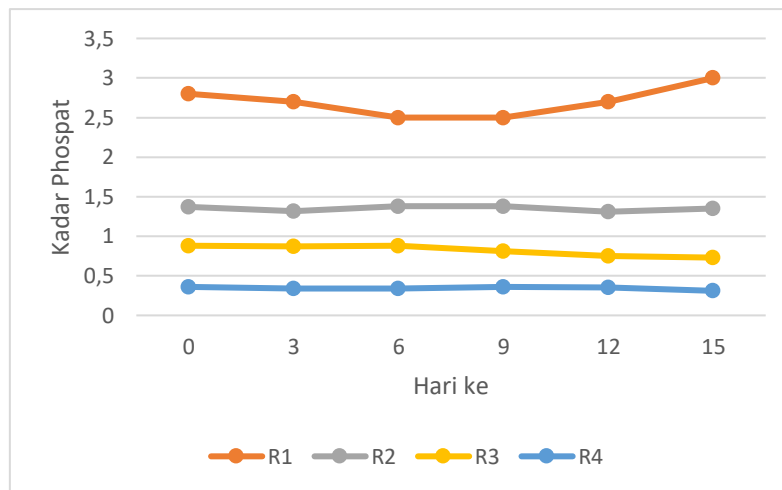
E. Analisa kadar amonia dalam nitrogen

Hasil uji kadar nitrit dalam nitrogen yang ada pada air limbah domestik terdapat penurunan tertinggi ada pada reaktor 4 dengan konsentrasi eco enzim sebanyak 25% didapatkan hasil penurunan tertinggi adalah 0,21 mg/L sedangkan penurunan terendah terdapat pada reaktor 2 dengan konsentrasi eco enzim 10% yaitu sebanyak 2,47 mg/L.



R1 = Reaktor 1 R2= Reaktor 2 R3 = Reaktor 3 R4 = Reaktor 4
Gambar 6. Grafik Pengaruh Eco Enzyme Terhadap Kadar Amonia

F. Analisa kadar fosfat



R1 = Reaktor 1 R2= Reaktor 2 R3 = Reaktor 3 R4 = Reaktor 4
Gambar 7. Grafik Pengaruh Eco Enzyme Terhadap Kadar Fosfat

Kandungan fosfat pada sampel air limbah domestik telah memenuhi baku mutu sesuai dengan [24] Lampiran III Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/Kegiatan Usaha Lainnya. Namun tetap dilakukan penambahan eco enzim dan pengujian laboratorium untuk mengetahui bagaimana perubahan kandungan fosfat setelah di berikan eco enzim . Hasil penelitian menunjukkan penggunaan eco enzim yang berasal dari limbah organik buah dan sayur, kulit semangka, kulit pepaya, batang bayam, sawi hijau dan kubis dapat menurunkan kadar parameter surfaktan, nitrogen dan fosfat.

Konsentrasi eco enzim yang dapat menurunkan kadar surfaktan, nitrogen dan fosfat pada penelitian ini adalah adalah pada konsentrasi eco enzim sebanyak 25%. Penurunan tertinggi ada pada reaktor 4 dengan konsentrasi eco enzim sebanyak 25% sedangkan penurunan terendah terdapat pada reaktor 2 dengan konsentrasi eco enzim 10%.

Penelitian [25] menunjukkan, eco enzim dengan konsentrasi 10% lebih efektif dibandingkan dengan konsentrasi eco enzim 15% dan 20%.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh [25] sifat biokalatis yang dimiliki eco enzim yang terbuat dari tomat dan kulit jeruk dapat menurunkan kadar parameter seperti TSS, TDS, total fosfor, total amonia nitrogen dan COD masing-masing adalah 87%, 67%, 99%, 91% dan 77% dalam konsentrasi eco enzyme sebanyak 10%. Penelitian dari [25] menunjukkan penurunan kadar limbah oleh eco enzim yang terbuat dari limbah buah jeruk lebih baik daripada menggunakan eco enzim yang terbuat dari limbah

buah tomat. Hal ini ditunjukkan dengan nilai pH dari eco enzim limbah buah tomat yang tidak cukup asam dan mengandung sedikit asam organik.

Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh [26] pada penggunaan konsentrasi eco enzim sebanyak 5% dan 10%, di dapatkan hasil terbaik berada pada hari ke-15 setelah pencampuran terhadap air limbah domestik. Hasil penelitian [16] menyatakan bahwa pada berbagai konsentrasi eco enzim yang berbeda yaitu 0%, 5%, 10%, 20% dan 25% yang dalam waktu 5 hari dapat menurunkan kadar padatan total sebanyak 5%, 13%, 82%, 89% dan 85%, TSS sebanyak 83%, 94%, 90% dan 92%, TDS sebanyak 4%, 9%, 80%, 89%, dan 87%. Hal ini menunjukkan bahwa eco enzim mempercepat proses degradasi kandungan bahan organik air limbah.

Reaksi degradasi terjadi karena kandungan enzim yang terdapat pada eco enzim merupakan molekul protein yang berfungsi sebagai katalisator yang mengkatalis bahan organik kompleks air limbah domestik menjadi zat yang lebih sederhana [25]. Enzim yang terkandung dalam eco enzim juga berfungsi untuk menstabilkan bahan organik menjadi zat yang lebih mudah larut, dan akan terurai melalui pengolahan anaerobik ataupun pengolahan lebih lanjut untuk menghasilkan senyawa yang lebih sederhana seperti metana dan karbon dioksida [25].

Penurunan kadar parameter limbah pada penambahan eco enzim 25% dianggap lebih efektif dibandingkan dengan penambahan eco enzim 10% dan 20%, karena jumlah enzim yang terkandung dapat mengkatalisasi reaksi kimia dalam limbah menjadi zat yang lebih sederhana dan lebih aman [25]. Penurunan kadar parameter surfaktan, nitrogen dan fosfat berbanding lurus dengan jumlah enzim yang terkandung dalam eco enzim yang bertindak sebagai katalis untuk mempercepat penguraian bahan organik limbah air domestik.

Penelitian [3] mengkaji dampak eco enzim pada air limbah domestik, untuk menentukan apakah eco enzim membantu atau menghambat penghilangan polutan dalam air limbah domestik. Beberapa kajian menyebutkan eco enzim membantu dekomposisi [27], berfungsi mirip dengan enzim dalam mencapai tingkat degradasi yang lebih tinggi dalam waktu yang lebih singkat untuk air limbah domestik. Penelitian [3] ini, belum melakukan karakterisasi eco enzim dan menentukan konstituenya.

Periode degradasi atau peruraian dilakukan dalam 5 hari (sesuai peruraian BOD) untuk menentukan apakah eco enzim mempengaruhi air limbah dalam bentuk apapun. Eco enzim mampu untuk degradasi air limbah, maka dapat digunakan sebagai alternatif berbiaya rendah untuk meningkatkan proses pengolahan air limbah.

Analisis penelitian [3] pada fase 1 menunjukkan bahwa pengenceran eco enzim yang lebih tinggi menghasilkan larutan yang lebih asam. Hasil juga menunjukkan bahwa amonia nitrogen dan fosfor telah dihilangkan oleh eco enzim. Namun, karena tingginya jumlah bahan organik dalam eco enzim, maka terlihat adanya peningkatan kadar BOD. Hal ini menunjukkan bahwa eco enzim efektif dalam menghilangkan amonia nitrogen dan fosfor, tetapi tidak untuk kadar BOD. Maka eco enzim tidak tepat digunakan untuk menghilangkan BOD dalam pengolahan air limbah. Pemantauan harian dari hasil analisis pada fase 2 menunjukkan pola penghilangan amonia nitrogen dan fosfor, dan untuk pengenceran eco enzim 10%, sedangkan pH larutan kembali ke pH netral.

Hal ini menunjukkan bahwa kadar eco enzim yang tinggi menekan pH campuran pada kisaran asam. Hasil analisis fase 3, menunjukkan peningkatan kadar amonia dan fosfor (lebih signifikan untuk amonia) diamati dalam periode peruraian selama 5 hari. Alasan peningkatan ini masih belum jelas kajian ilmiahnya. Analisis fase 3 menunjukkan bahwa pengenceran yang paling sesuai untuk menghilangkan nitrogen amonia dan fosfor adalah pada penambahan eco enzim 9%. Pada pengenceran 9%, pH larutan juga kembali netral. Hal ini menunjukkan bahwa 9% larutan eco enzim mampu untuk menghilangkan amonia dan fosfor dalam pengolahan air limbah.

Kinerja enzim yang bertindak sebagai katalis biologis adalah spesifik untuk suatu reaksi, sehingga hanya mampu mengkatalis reaksi molekul substrat [16]. Penelitian [28] menunjukkan bahwa aktivitas enzim amilase eco enzim bekerja optimum pada pH 6,5 dan menurun hingga pH 4,2. Oleh sebab pH harus dipertahankan dalam kisaran ini untuk mencapai aktivitas maksimum [29]. Untuk aktivitas proteolitik, pH eco enzim harus dijaga antara 6,5 dan 7. Sifat katalitik enzim ini sangat tergantung pada bentuk dan bahan kimia tertentu sifat situs aktif. Jadi, setiap perubahan dari pola normal ikatan ion dalam enzim dapat mempengaruhi sifat katalitik secara drastis. Jadi, aktivitas maksimumnya adalah berada dalam kisaran ini [30]. Sedangkan untuk aktivitas lipase, terjadi peningkatan dengan peningkatan nilai pH dan nilai tertinggi dicapai pada pH 8. Oleh karena itu aktivitas lipase dipertahankan pada kisaran pH 7-8 agar dicapai nilai optimum. Jadi, agar semakin tinggi aktivitas lipolitik larutan eco enzim, maka

dapat dicapai dengan menjaga pH antara kisaran 7 dan 8. Selain itu nilai pH air limbah setelah pengolahan dengan eco enzim juga harus dipertahankan pada kisaran pH alami.

IV. KESIMPULAN

Penurunan terbaik kadar parameter surfaktan, nitrogen dan fosfat pada air limbah domestik adalah pada penambahan eco enzim pada konsentrasi 25%. Terjadi penurunan kadar surfaktan sebanyak 0,77%, penurunan kadar nitrit dalam nitrogen 0,79%, penurunan kadar nitrat dalam nitrogen 0,85%, penurunan kadar amonia dalam nitrogen 0,96% dan penurunan kadar fosfat 0,92%.

Hasil dari penurunan kadar surfaktan dan amonia belum sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, namun penggunaan eco enzim sebagai degradasi polutan dapat ditambahkan sebagai pre-treatment dalam pengelolaan air limbah domestik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bella Yunita Sari yang telah membantu untuk pengambilan data penelitian dan pihak Universitas PGRI Adi Buana Surabaya terutama Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik yang telah berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suharto, Bambang, Anugroho, Fajri, Putri, Fidyasari Kusuma, Penurunan Kadar Fosfat Air Limbah Laundry Menggunakan Kolom Adsorpsi Media Granular Activated Carbon (GAC), *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, [S.l.], Vol 7, No 1, pp. 36-46, 2020.
- [2] Alala, Pratama Sandi, dan Silvia Ramadhani, Kajian Pengolahan Limbah Laundry (Studi Kasus Industri Laundry Hancabarasih Di Kota Malang), Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IX 2021 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya 2021: Peluang dan Tantangan Peningkatan Riset dan Teknologi di Era Pasca Covid-19, 2021, pp 437-442.
- [3] Suliestyah, S., Aryanto, R., Palit, C., Yulianti, R., Suudi, B. C., & Meitdwitri, A., Eco enzyme Production From Fruit Peel Waste and Its Application as an Anti-Bacterial and TSS Reducing Agent. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research*, Vol 8, No 6, pp 270-275, 2022.
- [4] Adiastuti, Fany Eka; Afany, Miseri Roeslan, Kajian Pengolahan Air Limbah Laundry dengan Metode Adsorpsi Karbon Aktif Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Azolla, *Jurnal Tanah dan Air (Soil and Water Journal)*, [S.l.], Vol 15, No 1, pp. 38-46, 2020.
- [5] 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,
- [6] Gu, S.; Xu, D.; Zhou, F.; Chen, C.; Liu, C.; Tian, M.; Jiang, A., The Garbage Enzyme with Chinese Hoenylocust Fruits Showed Better Properties and Application than When Using the Garbage Enzyme Alone, *Foods*, Vol 10, No 2656, pp 1-14, 2021.
- [7] Setyobudiarso, H., & Yuwono, E., Rancang Bangun Alat Penjernih Air Limbah Cair Laundry Dengan Menggunakan Media Penyaring Kombinasi Pasir – Arang Aktif Jurusan Teknik Lingkungan dan Teknik Sipil ITN Malang. *Jurnal Neutrino*, Vol 6, No 2, pp 84–90, 2014
- [8] Cahyonugroho, O. H., & Clever, M., Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Membran Nanofiltrasi dengan Koagulasi dan Flokulasi, dan Mikrofiltrasi Sebagai Pretreatment, *Enviro US*, Vol 3, No 1, pp 122-131, 2022.
- [9] Suastuti, N. G. A. . D. A., Simpen, I. N., dan Ayumi, N., Efektivitas Penurunan Kadar Surfaktan Linier Alkil Sulfonat (Las) Dan Cod Dari Limbah Cair Domestik Dengan Metode Lumpur Aktif. *Jurnal Kimia*, Vol 9 No 1, pp 86–92, 2016.
- [10] Fernianti, D., dan Suryati, L., Pengaruh Jenis Detergen dan Rasio Pengenceran Terhadap Proses Penyerapan Surfaktan Dalam Ampas Teh. *Jurnal Distilasi*, Vol 2, No 2, pp 10–14, 2017.

- [11] Amrullah., Triastianti, R.D., Mukhlis, Z., Pemanfaatan “Floating Plant” Dalam Horizontal Sand Filter Terhadap Penurunan Kadar $(\text{PO}_4)^{3-}$ Pada Limbah Cair Laundry. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, Vol 19, No 2, pp 1-12, 2019.
- [12] Rochyani, N.-, Utpalasari, R. L., dan Dahliana, I., Analisis Hasil Konversi Eco Enzyme Menggunakan Nenas (Ananas Comosus) Dan Pepaya (Carica papaya L.). *Jurnal Redoks*, Vol 5, No 2, pp 135, 2020.
- [13] Prahsantika, M., Harahap, S., dan Purwanto, E., *Pengaruh Penggunaan Biofilter dengan EM4 untuk Mengurangi Fosfat dan MBAS pada Limbah Cair Laundry*, Vol 1, No 2, pp 93–102, 2020.
- [14] Vistanti, H., Malik, R. A., & Mukimin, A., Performance of a Full-Scale Anaerobic Digestion on Bakery Wastewater Treatment : Effect of Modified Distribution System, *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, Vol 11, No 1, pp 12–18, 2020.
- [15] Bahari, M. H., Wikaningrum, T., The Characterization Of Guava Eco Enzyme and Its Correlations to NH_3 , PO_4 , and pH Reduction in Water Samples, *Journal Of Environmental Engineering And Waste Management*, [S.L.], Volume 7, Nomor 1, page. 20-33, 2022.
- [16] 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.
- [17] Nurhidayanti, N., Ilyas, N., & Lazuardini, D., Studi Pengolahan Limbah Cair Laundry menggunakan Serbuk Biji Asam Jawa sebagai Biokoagulan. *Jurnal Tekno Insentif*, Vol 16, No 1, pp 16-27, 2022.
- [18] Pratamadina, E., & Wikaningrum, T., Potensi Penggunaan Eco Enzyme pada Degradasi Deterjen dalam Air Limbah Domestik, *Jurnal Serambi Engineering*, Vol 7, No 1, pp 2722–2728, 2022.
- [19]. Putri W. A. E., Purwiyanto A. I. S., Fauziyah., Agustriani F., dan Suteja Y., Kondisi Nitrat, Nitrit, Amonia, Fosfat dan BOD di Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol 11, No 1, pp 65-74, 2019.
- [20] Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Rosyidah, A., Shafwah, O. M., Naashihah, L. K., Nurfitriani, N., dan Ullfindrayani, I. F., Penurunan Kadar Surfaktan Anionik dan Fosfat dalam Air Limbah Laundry di Kawasan Keputih, Surabaya menggunakan Karbon Aktif. *Akta Kimia Indonesia*, Vol 3, No 1, pp 127, 2018.
- [21] SNI-06-6989.51-2005 Metoda Analisis Kadar Surfaktan
- [22] APHA-4500-2017 Metode Analisis Kadar Fosfat, Nitrit dan Nitrat
- [23] SNI-06-6989.30-2005 Metode Analisis Kadar Amonia Cara uji kadar amonium dalam air dan air buangan.
- [24] Lampiran III. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 untuk Pemukiman dan Usaha Laundry.
- [25] 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 Produced, 2019.
- [26] Salvi, S., Application of Eco-Enzyme for Domestic Waste Water Treatment. *International Journal for Research in Engineering Application & Management (IJREAM)*, Vol 05, No 11, pp 114–116, 2020.
- [27] Rasit, N., & Mohammad, F. S., Production and Characterization of Bio Catalytic Enzyme Produced From Fermentation of Fruit and Vegetable Wastes and Its Influence on Aquaculture Sludge. *International Journal of Science and Technology*, Vol 4, No 2, pp 12–26, 2018.
- [28] 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), 2021, pp 361-366
- [29] Pratamadina, E., dan Wikaningrum, T., Potensi Penggunaan Eco Enzyme pada Degradasi Deterjen dalam Air Limbah Domestik, *Jurnal Serambi Engineering*, Vol 7, No 1, pp 2722–2728, 2022.
- [30] Kad, Nandini K., Akshay R. Thorvat, Naiem Harun Nadaf, Experimental Study on Treatment of Wastewater using Garbage Enzyme, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)* Volume 9, Issue 6, pp 5060-5066, 2020