

Pemanfaatan Ekoenzim Berbahan Limbah Kulit Jeruk dan Kulit Nanas sebagai Agen Remediasi LAS Detergen

Utilization of Eco-enzyme from Citrus Peels and Pineapple Peels Waste as Detergent LAS Remediation Agent

Marce Monica Gaspersz*, Herlina Fitrihidajati

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: marce.18068@mhs.unesa.ac.id

Abstrak. LAS merupakan salah satu polutan terbesar di perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik ekoenzim berbahan limbah kulit jeruk dan kulit nanas, pengaruh ekoenzim dalam menurunkan kadar LAS dan kualitas air, serta konsentrasi ekoenzim yang optimal dalam menurunkan kadar LAS dan kualitas air. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan yaitu konsentrasi ekoenzim 0%, 5%, dan 10% selama 5 hari. Teknik analisis data tahap pertama menggunakan deskriptif kuantitatif sedangkan tahap kedua meliputi parameter kadar LAS menggunakan ANOVA satu arah dilanjutkan uji Duncan kemudian hasilnya mengacu pada PERGUB Jatim No. 72 Tahun 2013 dan parameter kualitas air menggunakan deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik ekoenzim memiliki rerata pH 3,69, suhu 26,8°C, dan TDS 1308 ppm. Kadar LAS dari tinggi ke rendah berturut-turut didapatkan dari konsentrasi ekoenzim 0% (8,30 ppm), 10% (7,00 ppm), dan 5% (5,90 ppm). Kualitas air DO terbaik didapatkan dari perlakuan 10% (1 ppm), BOD dari perlakuan ekoenzim 5% (0,54 ppm), dan TDS dari perlakuan ekoenzim 0% (0,65 ppm). Konsentrasi ekoenzim 5% adalah yang lebih optimal dalam menurunkan kadar LAS.

Kata kunci: degradasi; pencemaran air; ramah lingkungan

Abstract. LAS is one of the largest pollutants in the water. This study was aimed to determine the characteristics of eco-enzyme from citrus and pineapple peels waste, the effect of eco-enzymes in decreasing LAS level and water quality, and optimal concentration of eco-enzyme in decreasing LAS levels and water quality. This study was an experimental using Randomized Completely Design (RCD) with one treatment factor the concentration of eco-enzymes at 0%, 5%, and 10% for 5 days. The first stage of the data analysis used quantitative descriptive, the second stage included LAS level parameters using one-way ANOVA followed by Duncan test, result test referred to PERGUB JATIM number 72 of 2013 and water quality parameters using quantitative descriptive. The results of the study showed the characteristics of the eco-enzyme had mean pH of 3.69, temperature 26.8 °C, and TDS of 1308 ppm. LAS level from highest to lowest were obtained from eco-enzyme treatment of 0% (8.30 ppm), 10% (7.00 ppm), and 5% (5.90 ppm). The best DO water quality was obtained from 10% treatment (1 ppm), BOD from 5% ecoenzyme (0.54 ppm), and TDS from 0% ecoenzyme (0.65 ppm) treatment. Treatment of 5% ecoenzyme concentration was more optimal in reducing welding levels.

Keywords: degradation; water pollution; eco-friendly

PENDAHULUAN

Limbah detergen merupakan salah satu polutan terbesar pada badan perairan yang dapat terus meningkat akibat aktivitas manusia (Fitrihidajati *et al.*, 2020). Aktivitas manusia yang dilakukan setiap hari seperti mencuci dan mandi menunjukkan penggunaan detergen sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari (Rulitasari dan Rachmadiarti, 2021). Menurut Hakim (2016), kegiatan-kegiatan tersebut menghasilkan air limbah yang umumnya tidak memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sehingga dialirkan langsung ke saluran drainase kemudian masuk ke badan air dan akhirnya terjadi pencemaran.

Detergen lebih banyak digunakan daripada sabun biasa (Apriliyani, 2017) karena sifat surfaktan (*surface active agent*) yang terkandung dalam detergen dapat menurunkan tegangan permukaan air dan membuat bahan yang dicuci lebih mudah meresap air (Thomas *et al.*, 2017). Pada

umumnya detergen yang digunakan saat ini termasuk detergen dengan surfaktan anionik yang sebagian besar berupa persenyawaan sulfonat dan merupakan turunan hidrokarbon minyak bumi (Rahimah *et al.*, 2016). *Linear Alkylbenzene Sulfonates* (LAS) paling banyak digunakan karena memiliki rantai lurus yang membuatnya lebih mudah terurai di alam daripada *Alkyl Benzene Sulfonates* (ABS) yang memiliki rantai bercabang (Briyanto *et al.*, 2010). Namun, penggunaan LAS yang berlebihan tetap dapat berdampak buruk bagi perairan. Hendra *et al.* (2016) menyatakan penggunaan detergen yang terus meningkat telah menghasilkan limbah cair domestik yang mengandung LAS dan mencemari ekosistem sungai ditinjau dari kondisi sungai di kota-kota besar yang konsentrasi LAS sudah melebihi ambang batas dari baku mutu yang ditetapkan.

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Kegiatan Laundry pada BOD₅ (75 mg/l), COD (180 mg/l), TSS (60 mg/l), Minyak dan lemak (15 mg/l), Phospat sebagai (P₂O₄) 2 mg/l, MBAS (Detergent) 3 mg/l dan pH (6.0 - 9.0). Hasil penelitian Fitrihidajati *et al.* (2020) kadar *Linear Alkylbenzene Sulfonates* (LAS) pada penggunaan deterjen kemasan seberat 46 gram dilarutkan dalam 20 liter air dan digunakan untuk mencuci 25 potong pakaian yaitu sebesar 479,58 mg/l. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar LAS detergen melebihi ambang batas yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013, sebesar 3 mg/l.

Detergen sebagai salah satu sumber utama pencemaran perairan yang mengandung senyawa organik ketika langsung dibuang ke perairan akan mempengaruhi kualitas perairan. Senyawa organik yang terdegradasi oleh aktivitas bakteri menyebabkan kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) menjadi tinggi sedangkan kadar DO (*Dissolved Oxygen*) menjadi rendah (Wimbaningrum *et al.*, 2020). LAS detergen juga dapat menghasilkan busa 10-13% berupa bahan organik dan polifospat dapat menghasilkan limbah yang mengandung fosfor. Kandungan fosfor juga menyebabkan *eutrofikasi* sehingga akan mengurangi oksigen terlarut pada perairan dan menurunkan kualitas air perairan (Budiawan *et al.*, 2010). Pada konsentrasi 0,5 mg/L detergen ditemukan busa yang dapat menghambat difusi oksigen ke permukaan air (Rochman *et al.*, 2016). Pada ikan, LAS dapat memicu hati ikan untuk bekerja lebih keras sehingga menyebabkan peradangan dan pembengkakan serta menurunkan kesuburan gonad. Hal ini dapat terjadi karena rendahnya alokasi energi untuk bereproduksi (Yuliani *et al.*, 2015). Penggunaan LAS detergen yang berlebihan saat mencuci juga dapat menyebabkan iritasi kulit (Kamisiwari *et al.*, 2013).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan LAS detergen dan memperbaiki kualitas perairan adalah dengan penggunaan ekoenzim. Ekoenzim merupakan agen remediasi yang memanfaatkan enzim (Tang dan Tong, 2011) dan mikroorganisme aktif yang dihasilkan selama proses fermentasi (Win, 2011) untuk mendegradasi zat polutan yang berbahaya bagi lingkungan. (Tang dan Tong, 2011) juga melanjutkan bahwa ekoenzim dapat mencapai tingkat degradasi yang lebih besar dalam rentang waktu yang lebih singkat. Ekoenzim adalah zat organik kompleks dari rantai protein (enzim), asam organik dan garam mineral (Tang dan Tong, 2011) yang berfungsi menyusun, menguraikan, mengubah, dan mengkatalisis (Bakar, 2010). Ekoenzim ini merupakan produk fermentasi yang berasal dari residu buah dan sayuran serta gula merah atau molase (Rani *et al.*, 2020). Selama proses fermentasi, karbohidrat yang berasal dari molase diubah menjadi asam volatile sedangkan asam organik diekstraksi dari kulit buah menjadi larutan enzim (Nazim, 2013). Menurut Win (2011), enzim pada larutan ekoenzim juga berasal dari aktivitas mikroorganisme aktif yang terdapat pada molase dan secara alami terdapat pada kulit buah yang digunakan dan diproduksi selama proses fermentasi. Namun, selama proses fermentasi mikroorganisme aktif dalam cairan ekoenzim akan terseleksi sesuai dengan lingkungan yang mendukung pertumbuhannya.

Pada penelitian ini, ekoenzim yang digunakan berbahan limbah kulit jeruk dan kulit nanas. Limbah tersebut banyak ditemukan di lingkungan sekitar sehingga pemanfaatannya sebagai produk ekoenzim dapat meminimalisasi limbah yang dibuang ke lingkungan. Kulit jeruk kaya vitamin C dan pada kulit jeruk banyak memiliki kandungan minyak atsiri dan pektin (Nianti *et al.*, 2018). Nanas termasuk dalam tanaman CAM yang pada sel mesofilnya mampu menyimpan asam organik yang dibuat dalam vakuola ketika malam hari sampai dengan pagi pada saat fiksasi karbon (Lestari *et al.*, 2020). Nanas kaya akan vitamin C dan enzim bromelin yang terdapat dalam semua jaringan tanaman nanas (Chauliyah dan Murbawani, 2015). Ekoenzim berbahan kulit jeruk dan nanas menghasilkan enzim multi hidrolitik, seperti enzim amilase, protease, dan lipase yang mampu mendegradasi air limbah (Arun dan Sivashanmugam, 2017). Enzim hidrolitik ekstraseluler cukup stabil, sangat tahan terhadap bahan kimia, dan berfungsi pada rentang suhu yang cukup luas untuk bertahan hidup di lingkungan di luar pelindung dinding sel (Tang dan Tong, 2011).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sayali *et al.* (2019), penerapan ekoenzim untuk pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan ekoenzim pada konsentrasi 5% terjadi kenaikan pH dari 3.98 menjadi 6.70. Penyisihan *Total Dissolved Solid* (TDS) dari 671 mg/l menjadi 434 mg/l, *Biology Oxygen Demand* (BOD) dari 196 mg/l menjadi 74,2 mg/l dan penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dari 416 mg/l menjadi 228 mg/l. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Hemalatha and Visantini (2020), penggunaan ekoenzim berbahan kulit jeruk untuk pengolahan limbah berbasis logam (alkalin) selama 5 hari terjadi penurunan *Biology Oxygen Demand* (BOD) secara signifikan dari 80 mg/l menjadi 22.3 mg/l, penurunan pH dari 7.4 menjadi 7, *Total Solid* (TS) dari 464.2 mg/ml menjadi 313.5 mg/ml, *Total Dissolved Solid* (TDS) dari 365 mg/ml menjadi 221.3 mg/ml, *Total Suspended Solid* (TSS) dari 97.0 mg/ml menjadi 65.0 mg/ml, dan *Colony Farming Unit's* (CFU) dari 1.5×10^{10} cfu ml⁻¹ menjadi 0 cfu ml⁻¹.

Dengan memperhatikan potensi ekoenzim dalam mendegradasi limbah cair domestik dan industri yang bersifat organik maupun anorganik, maka perlu diteliti potensi ekoenzim berbahan kulit jeruk dan kulit nanas dalam menurunkan kadar LAS Detergen. Berdasarkan paparan di atas, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan mengetahui karakteristik ekoenzim berbahan limbah kulit jeruk dan kulit nanas dan pengaruh penggunaannya dalam menurunkan kadar LAS dan kualitas air.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan yaitu konsentrasi ekoenzim. Konsentrasi ekoenzim yang digunakan adalah 0%, 5%, dan 10% dengan lama waktu kontak selama 5 hari (Sayali *et al.*, 2019). Banyaknya pengulangan percobaan diperoleh dari rumus *Federer* $t(n-1) \geq 15$, t adalah jumlah perlakuan dan n adalah jumlah pengulangan pada tiap perlakuan, sehingga dalam penelitian ini dilakukan 6 kali pengulangan pada tiap perlakuan. Total unit percobaan adalah 18 unit.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2021-Januari 2022 di Laboratorium Ekologi Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Penelitian yang dilakukan melalui dua tahap yaitu tahap pembuatan ekoenzim dan tahap implementasi. Tahap pembuatan ekoenzim meliputi pembuatan cairan ekoenzim dengan menggunakan air bersih, molase, dan kulit buah dengan perbandingan 1:3:10 (Rochyani *et al.*, 2020). Masing-masing toples ukuran 2 liter diisi dengan aquades sebanyak 600 ml, molase 60 gram, kulit jeruk 90 gram, dan kulit nanas 90 gram. Ekoenzim kemudian didiamkan selama 3 bulan pada suhu ruang untuk melakukan proses fermentasi. Setelah 3 bulan, residu kulit buah disaring dari cairan ekoenzim. Parameter ekoenzim yang diukur meliputi pH, suhu, dan TDS pada awal dan akhir proses fermentasi. Tahap implementasi yang dilakukan meliputi pembuatan LAS detergen sintetik dengan konsentrasi awal 10 ppm dan pengaplikasian cairan ekoenzim pada LAS detergen dengan waktu kontak selama 5 hari. LAS detergen dibuat dengan cara bubuk LAS detergen sintetis ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 18 mg kemudian dilarutkan ke dalam aquades sebanyak 18L dan dimasukkan ke dalam 18 buah toples masing-masing 1000 ml. Setelah itu, pada masing-masing toples berisi LAS detergen ditambahkan cairan ekoenzim sesuai konsentrasi yang telah ditentukan yaitu 0% (kontrol), 5%, dan 10%. Kadar LAS akhir diukur pada akhir perlakuan (hari ke-5). Parameter kualitas air meliputi DO, BOD, pH, suhu, dan TDS diukur pada awal dan akhir perlakuan.

Analisis kadar LAS akhir (sisa kadar LAS pada akhir perlakuan di hari ke-5) dilakukan di Laboratorium Gizi, Departemen Gizi Kesehatan, Fakultas Gizi Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga dengan metode MBAS (*Methylen Blue Active Substance*) menggunakan spektrofotometer UV-VIS. Pengukuran parameter DO, BOD, pH, suhu, dan TDS dilakukan di Laboratorium Ekologi Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Pengukuran DO menggunakan DO meter, BOD menggunakan DO meter dengan dilakukan pengukuran kadar DO sampel yang diinkubasi selama 5 hari, pH menggunakan pH meter, suhu menggunakan *thermometer*, dan TDS menggunakan TDS meter. Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan dengan cara mengkalibrasi alat ukur dengan akuades kemudian dicelupkan ke dalam sampel ± 5 cm dari permukaan sampel. Limbah kulit jeruk dan kulit nanas yang digunakan didapat dari Kelurahan Ketintang, Gayungan, Surabaya. LAS detergen yang digunakan adalah LAS detergen sintetik berbentuk serbuk. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis LAS yaitu NaH_2PO_4 , metilen blue, klorofom, dan larutan pencuci.

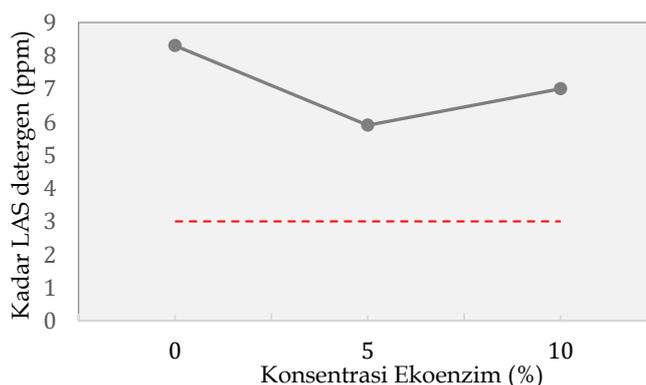
Teknik analisis data pada tahap pertama penelitian yaitu karakteristik ekoenzim dilakukan secara deskriptif kuantitatif. Teknik analisis data pada tahap kedua penelitian meliputi parameter kadar LAS dilakukan secara statistik menggunakan ANOVA satu arah dilanjutkan uji Duncan kemudian hasilnya mengacu pada PERGUB Jatim No. 72 Tahun 2013 sedangkan parameter kualitas air (DO, BOD, pH, suhu, dan TDS) dilakukan secara deskriptif kuantitatif.

HASIL

Berdasarkan hasil penelitian, data yang didapat meliputi karakteristik ekoenzim berbahan limbah kulit jeruk dan kulit nanas (Tabel 1), hasil implementasi berupa data pengaruh penggunaan ekoenzim pada berbagai konsentrasi dalam menurunkan kadar LAS detergen dan kualitas air (Tabel 2, Gambar 1), serta konsentrasi ekoenzim yang optimal dalam menurunkan kadar LAS detergen dan kualitas air.

Tabel 1. Rerata pengukuran karakteristik ekoenzim

Karakteristik ekoenzim	Awal	Akhir
pH	5,95	3,69
Suhu (°C)	27,2	26,8
TDS (ppm)	2112	1308



Gambar 1. Grafik pengaruh konsentrasi ekoenzim terhadap penurunan kadar LAS detergen. Ket: garis merah menandakan baku mutu.

Karakteristik ekoenzim mengalami perubahan selama proses fermentasi. Pada akhir proses fermentasi setiap parameter karakteristik ekoenzim mengalami penurunan. Karakteristik ekoenzim yang dihasilkan dari penelitian ini sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya dimana nilai pH bersifat asam (3-4), suhu normal antara 26-29°C, dan TDS yang tinggi (>1000) ppm (Tabel 1).

Tabel 2. Kadar LAS detergen pada berbagai perlakuan konsentrasi ekoenzim

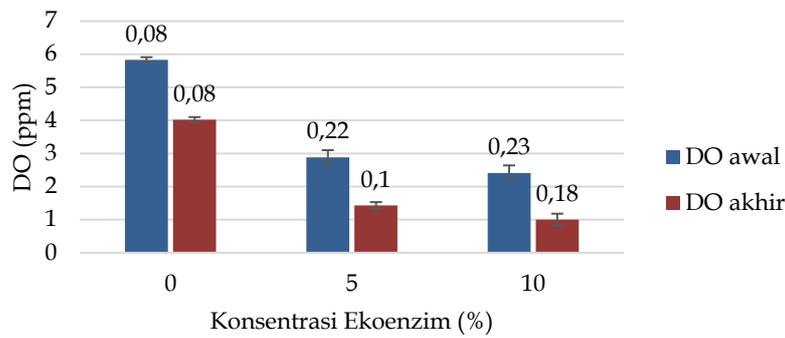
Konsentrasi ekoenzim (%)	Kadar LAS detergen (ppm)		Persentase penurunan kadar LAS detergen (%)	Baku mutu (ppm)
	Awal	Akhir		
0	10	8,30 ± 0,13a	17	3
5	10	5,90 ± 0,017b	41	
10	10	7,00 ± 0,17c	30	

Keterangan: a, b, c = notasi huruf berbeda menunjukkan hasil berbeda nyata berdasarkan uji Duncan dengan taraf uji 0,05.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa DO pada akhir perlakuan dengan berbagai konsentrasi mengalami penurunan (Tabel 3, Gambar 2). Perlakuan dengan konsentrasi 0% (kontrol) memiliki nilai DO yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi 5% dan 10%. Sedangkan pada perlakuan yang diberi ekoenzim menunjukkan bahwa perlakuan dengan konsentrasi 5% memiliki nilai DO lebih rendah daripada konsentrasi 10%.

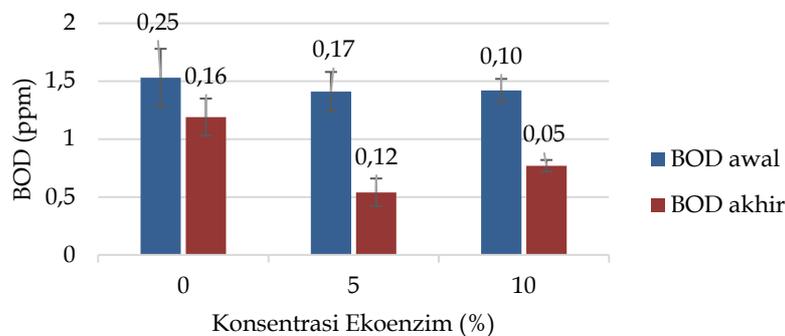
Tabel 3. Rerata parameter kualitas air dengan perlakuan ekoenzim

Parameter Kualitas Air	Awal			Akhir		
	0%	5%	10%	0	5%	10%
DO (ppm)	5,83	2,88	2,41	4,02	1,43	1
BOD ₅ (ppm)	1,53	1,41	1,42	1,19	0,54	0,77
pH	7,19	6,08	5,23	7,20	6,11	5,30
Suhu (°C)	26,66	26,65	26,76	26,73	26,76	26,8
TDS (ppm)	0,65	254,66	418	0,65	242,16	409,66



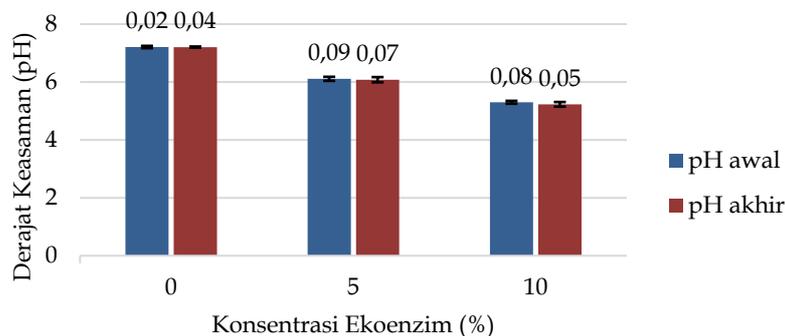
Gambar 2. Perubahan DO pada berbagai perlakuan ekoenzim

Perlakuan berbagai konsentrasi ekoenzim juga mempengaruhi nilai BOD (Gambar 3). Pada akhir perlakuan berbagai konsentrasi ekoenzim terhadap LAS detergent nilai BOD mengalami penurunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan konsentrasi 0% (kontrol) memiliki nilai BOD yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi 5% dan 10%. Sedangkan pada perlakuan yang diberi ekoenzim menunjukkan semakin rendah konsentrasi yang digunakan semakin rendah sisa LAS. Perlakuan konsentrasi 5% memiliki nilai BOD lebih rendah daripada konsentrasi 10%.



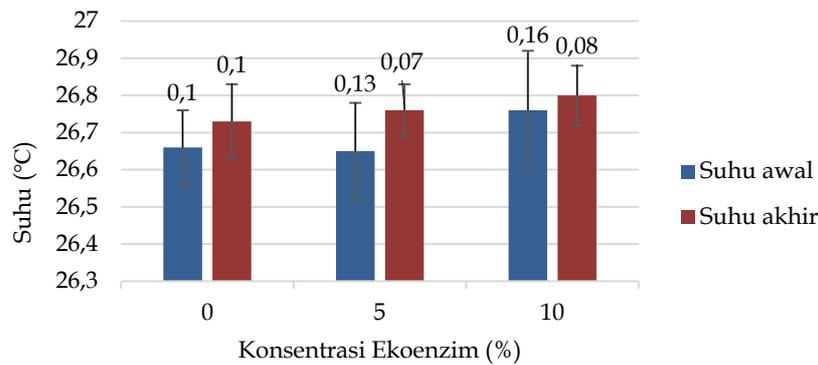
Gambar 3. Perubahan BOD pada berbagai perlakuan ekoenzim

Pengaruh berbagai konsentrasi ekoenzim terhadap pH adalah semakin rendah konsentrasi ekoenzim yang digunakan maka pH semakin menuju netral. Pada akhir perlakuan pH mengalami kenaikan, namun perubahan yang terjadi tidak signifikan (Gambar 4).



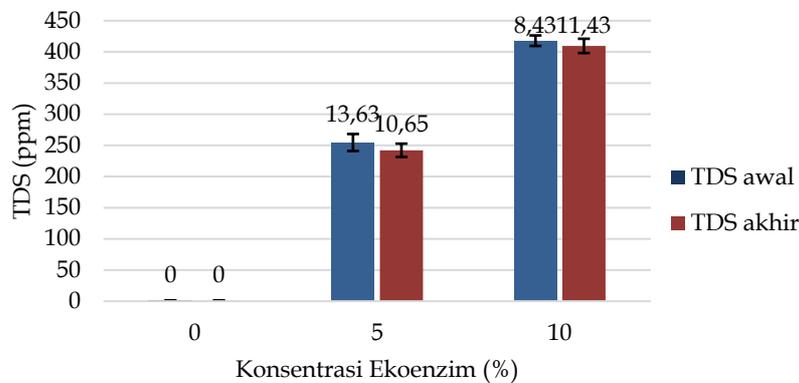
Gambar 4. Perubahan pH pada berbagai perlakuan ekoenzim

Perlakuan berbagai konsentrasi ekoenzim terhadap LAS detergent menunjukkan terjadi kenaikan suhu yang tidak signifikan. Berdasarkan data hasil penelitian bahwa suhu perlakuan berbagai konsentrasi ekoenzim terhadap LAS detergent berada pada kisaran 26,6–26,9°C (Gambar 5).



Gambar 5. Perubahan suhu air pada berbagai perlakuan ekoenzim

Perlakuan berbagai konsentrasi ekoenzim terhadap LAS detergen juga mempengaruhi TDS (Gambar 6). Semakin rendah konsentrasi ekoenzim maka semakin rendah TDS. Pada akhir perlakuan TDS pada konsentrasi 0% (kontrol) adalah tetap. Sedangkan TDS pada perlakuan ekoenzim 5% dan 10% mengalami penurunan.



Gambar 6. Perubahan TDS air pada berbagai perlakuan ekoenzim

PEMBAHASAN

Ekoenzim adalah produk hasil fermentasi kulit buah dan sayur, molase, dan air (Hemalatha and Visantini, 2020). Inovasi ini ditemukan oleh Dr. Rosukon Poompanvong, seorang peneliti dan pemerhati lingkungan dari Thailand yang dianugerahi penghargaan oleh FAO Regional Thailand pada tahun 2003 (Mahdia *et al.*, 2022). Ekoenzim mengandung zat organik kompleks dari rantai protein (enzim), asam organik, dan garam mineral (Tang dan Tong, 2011) yang berfungsi menyusun, menguraikan, mengubah, dan mengkatalisis (Bakar, 2010). Ekoenzim juga mengandung mikroorganisme aktif yang mampu menghasilkan enzim, namun selama proses fermentasi, mikroorganisme aktif dalam cairan ekoenzim akan terseleksi sesuai dengan lingkungan yang mendukung pertumbuhannya (Win, 2011). Menurut Rasit dan Mohammad (2018), prinsip fermentasi dalam ekoenzim adalah karbohidrat dari molase diubah menjadi asam volatil dan bahan organik dari kulit buah yang mengandung asam organik diubah menjadi larutan enzim. Molase digunakan sebagai substrat fermentasi karena mengandung bahan organik tinggi seperti karbon (Tang dan Tong, 2011), air berfungsi sebagai media zat organik yang dibuang ke dalam air untuk partisi antara fase padat terlarut dan tersuspensi (Ademollo *et al.*, 2012).

Proses fermentasi ekoenzim mempengaruhi karakteristik ekoenzim. Sebelum proses fermentasi cairan ekoenzim memiliki rerata pH 5,9; suhu 27,2°C; dan TDS 2112 ppm (Tabel 1). pH ekoenzim yang bersifat asam dapat terjadi karena pada dasarnya bahan pembuatan ekoenzim yaitu molase cenderung bersifat asam. Menurut Juwita (2012), pH molase berkisar 5,5–6,5. Suhu ekoenzim menunjukkan suhu normal, suhu ruang. Sedangkan nilai TDS yang tinggi pada ekoenzim disebabkan oleh kandungan bahan organik pada molase. Menurut Fifendy *et al.* (2013), di dalam molase banyak mengandung gula dan asam-asam organik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi dalam proses fermentasi. Ekoenzim setelah proses fermentasi menunjukkan penurunan pada karakteristik

yang diukur. Rerata nilai pH menjadi 3,69, suhu 26,8°C, dan TDS 1308 ppm (Tabel 1). Menurunnya pH disebabkan oleh kandungan asam organik yang dihasilkan dari proses metabolisme mikroorganisme aktif yang secara alami terdapat dalam sisa buah dan sayur (Larasati *et al.*, 2020). Penurunan suhu yang tidak signifikan dapat dipengaruhi oleh suhu ruang yang berubah-ubah. Sedangkan nilai TDS yang menurun dapat terjadi karena residu fermentasi berupa bahan-bahan organik yang mengendap dipisahkan dengan cairan ekoenzim. Hasil dari penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya dimana secara kimia ekoenzim bersifat asam dengan pH antara 3 - 4 dan TDS > 1000 ppm (Rochyani *et al.*, 2020) sedangkan menurut (Rani *et al.*, 2020) ekoenzim dengan pH rendah terdeteksi pada suhu ruang dimana hasil penelitiannya menunjukkan ekoenzim setelah 3 bulan memiliki kisaran suhu 26-29°C. Larasati *et al.* (2020) juga menjelaskan secara organoleptik ekoenzim berbau asam segar khas fermentasi dan berwarna coklat muda sampai coklat tua.

Perlakuan berbagai konsentrasi ekoenzim berpengaruh terhadap penurunan kadar LAS detergen. Kadar LAS detergen pada konsentrasi ekoenzim 0% mengalami penurunan dapat disebabkan oleh LAS detergen yang dibiarkan selama 5 hari mengalami penguapan antara oksigen dan LAS detergen, sehingga kadar LAS sedikit berkurang (Sidabutar *et al.*, 2019). Konsentrasi ekoenzim 5% menunjukkan terjadi penurunan LAS detergen yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi 10% (Tabel 2, Gambar 1). Pengenceran yang tinggi pada cairan ekoenzim menyebabkan ekoenzim dapat bereaksi dan menurunkan kadar LAS detergen. Hal ini dijelaskan oleh Rocha-Meneses *et al.* (2020) bahwa Larutan ekoenzim bila dicampur dengan air akan bereaksi. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan Salvi dan Kerker (2020), konsentrasi ekoenzim 5% lebih efektif dalam mendegradasi beberapa parameter limbah cair domestik daripada penggunaan ekoenzim dengan konsentrasi 10%. Menurut Arun dan Sivashmugam (2015), asam sitrat pada kulit buah yang dihasilkan selama proses fermentasi ekoenzim diduga berperan dalam penguraian dari bentuk tidak larut menjadi larut. Ekoenzim adalah zat organik kompleks dari rantai protein (enzim), asam organik dan garam mineral dan Tong, 2011) yang berfungsi menyusun, menguraikan, mengubah, dan mengkatalisis (Bakar, 2010). Arun dan Sivashanmugam (2017) mengatakan degradasi oleh ekoenzim dapat terjadi karena ekoenzim dari kulit jeruk dan kulit nanas mengandung multi aktivitas enzim hidrolitik yang umumnya seperti enzim protease, lipase, dan amilase. Win (2011) juga mengatakan bahwa di dalam cairan ekoenzim terdapat mikroorganisme aktif yang ikut berperan dalam proses fermentasi ekoenzim. Tang dan Tong (2011) memaparkan bahwa dalam pengolahan air limbah, bakteri terlebih dahulu mengeluarkan enzim yang dapat bekerja di luar sel (enzim ekstraseluler) untuk mencerna bahan organik dan anorganik (substrat) di luar kemampuan sel. Enzim tersebut mengkatalisis pencernaan molekul besar tertentu agar dapat diserap oleh bakteri menjadi sumber energi bagi pertumbuhannya. Dalam penelitian Putro *et al.*, (2002) mengatakan pemutusan rantai karbon yang terdapat dalam ABS (surfaktan detergen) terjadi karena terdapat enzim lipase dan enzim *alkylsulphatases* yang dihasilkan oleh bakteri *Pseudomonasi fluorescens*. Menurut Suriani *et al* (2015), biodegradasi LAS merupakan transformasi oleh mikrobial terhadap *Sulphophenyl Carboxylate* (SPC) yang merupakan hasil biodegradasi awal. Pada fase tersebut terjadi penghilangan sifat-sifat molekul dasar, aktifitas interfasial dan toksisitasnya terhadap organisme akuatik. Selanjutnya terjadi biodegradasi sempurna yang ditandai dengan pecahnya cincin aromatik LAS dan SPC ke dalam air. Peristiwa biodegradasi dapat terjadi karena terjadi oksidasi pada ujung rantai alkil yang menghasilkan senyawa-senyawa lebih sederhana dan terus dipecah dengan melibatkan bakteri dan enzim.

Cairan ekoenzim (enzim ramah lingkungan) yang dihasilkan dari asam organik hasil ekstraksi dari kulit buah menjadi larutan enzim (Nazim, 2013) bekerja sebagai katalisator yang mempercepat reaksi biologis. Tang dan Tong (2011) dalam penelitiannya menegaskan bahwa ekoenzim (enzim ramah lingkungan) ini fungsi dan cara kerjanya mirip dengan enzim komersial. Cara enzim mengkatalisis reaksi adalah dengan meningkatkan laju reaksi kemudian menurunkan energi aktivasi (energi yang dibutuhkan untuk reaksi) yang bertujuan membentuk kompleks dengan substrat. Setelah produk dihasilkan, enzim dilepaskan sehingga membentuk kompleks baru dengan substrat lain (Susilo, 2012).

Parameter kualitas air yang meliputi DO, BOD, pH, suhu, dan TDS juga mempengaruhi kerja ekoenzim dalam menurunkan kadar LAS detergen. DO (*Dissolved Oxygen*) pada penelitian ini menunjukkan nilai DO tertinggi terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi 0% dan DO terendah terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi 10%. DO pada akhir perlakuan berbagai konsentrasi mengalami penurunan (Tabel 3, Gambar 2). Perlakuan konsentrasi 0% tanpa pemberian ekoenzim (kontrol) sedangkan perlakuan dengan konsentrasi 10% lebih pekat daripada perlakuan dengan konsentrasi 5%. Keberadaan mikroorganisme aktif dalam ekoenzim mempengaruhi kadar oksigen terlarut. Menurut (Rizki *et al.*, 2017) senyawa organik yang semakin banyak di dalam air menyebabkan

semakin berkembangbiak mikroorganisme untuk menguraikan zat organik tersebut. Puspitasari *et al* (2017) melanjutkan bahwa respirasi mempengaruhi kadar oksigen terlarut. Meningkatnya laju respirasi menyebabkan konsumsi oksigen meningkat sehingga oksigen terlarut pada perairan semakin berkurang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar BOD pada air menurun selaras dengan penurunan kadar LAS dalam air. Penurunan kadar BOD pada air dapat terjadi karena ekoenzim menguraikan bahan-bahan pencemar di dalam air (Bakar 2010). Perlakuan konsentrasi ekoenzim 5% memiliki nilai BOD yang lebih rendah, baik pada BOD awal maupun BOD akhir. BOD menurun dari 1,41 ppm menjadi 0,54 ppm (Gambar 3). Hal ini sejalan dengan penurunan kadar LAS yang optimal pada konsentrasi 5%. Penelitian (Salvi dan Kerker, 2020) menunjukkan konsentrasi ekoenzim 5% dapat menurunkan nilai BOD pada air limbah domestik sebesar 62,51%. Nilai BOD dalam air menurun seiring dengan menurunnya kadar LAS. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hatta (2014) yang menyatakan bahwa nilai BOD akan semakin tinggi dengan bertambahnya bahan organik di perairan. Sebaliknya, semakin rendah jumlah bahan organik di perairan maka nilai BOD juga semakin berkurang.

Nilai pH juga mempengaruhi penurunan kadar LAS detergen. Arun dan Sivashanmugam (2015) mengatakan pH merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi aktivitas enzim. Penelitiannya menunjukkan enzim hidrolitik bekerja pada kisaran pH netral. Hal ini juga ditegaskan dalam penelitian Rani *et al.* (2020) pengenceran ekoenzim yang lebih tinggi menyebabkan pH meningkat dan menuju netral daripada ekoenzim murni yang lebih pekat dan bersifat asam. pH dapat mempengaruhi kecepatan aktivitas enzim dalam mengkatalisis suatu reaksi karena struktur dimensi enzim dan aktivitasnya dipengaruhi oleh konsentrasi ion hidrogen. Hal tersebut yang menyebabkan suatu enzim mempunyai pH optimum tertentu yang membuat struktur tiga dimensinya paling kondusif dalam mengikat substrat (Yusriah dan Kuswytasari, 2013). pH yang rendah (asam) pada ekoenzim menekan aktivitas enzim. Rasit dan Mohammad (2018) membandingkan aktivitas ekoenzim pada pH 3,5 dan 7,0 menjelaskan bahwa baik pH 3,5 maupun pH 7,0 mengandung aktivitas enzim hidrolitik, namun konsentrasi aktivitas enzim biokatalitik bekerja pada pH 7,0. Selanjutnya dijelaskan bahwa pH optimal bagi aktivitas enzim protease dan amilase adalah pada kisaran 6,0–7,0. Sedangkan sifat katalik enzim lipase bekerja pada pH antara 7,0–10. Hasil pengukuran pH perlakuan awal dan perlakuan akhir dengan konsentrasi ekoenzim 5% memiliki rerata berturut-turut 6,11 dan 6,15 yang menunjukkan ekoenzim konsentrasi 5% dapat bekerja lebih efektif dalam menurunkan kadar LAS detergen dibandingkan ekoenzim dengan konsentrasi 10% yang memiliki rerata baik perlakuan awal maupun perlakuan akhir adalah 5,23 (Gambar 4). Menurut Peraturan Gubernur Jatim No.72 Tahun 2013 pH yang aman dalam perairan yaitu pada kisaran 6,0–9,0 sehingga pada penelitian ini konsentrasi ekoenzim 0% (kontrol) dan 5% yang masih aman bagi perairan.

Suhu air dengan penambahan berbagai konsentrasi ekoenzim berada pada kisaran 26,6–26,9°C (Gambar 5) yang menunjukkan suhu normal ekoenzim sesuai penelitian (Rani *et al.*, 2020). Suprpto (2014) dalam penelitiannya mengatakan suhu 27,7–28,9 °C masih mencirikan lingkungan perairan yang baik untuk mendukung kinerja bakterial dalam proses dekomposisi, kinerja fitoplankton untuk menjang produktivitas perairan, dan metabolisme yang normal bagi ikan. Rulitasari dan Rachmadiarti, (2021) dalam penelitiannya juga menunjukkan bahwa suhu 26–27°C merupakan kisaran suhu normal berdasarkan Peraturan Gubernur Jatim No.72 Tahun 2013 sehingga aman bagi perairan. Menurut Tang dan Tong (2011) Enzim hidrolitik ekstraseluler cukup stabil, sangat tahan terhadap bahan kimia, dan berfungsi pada rentang suhu yang cukup luas, untuk bertahan hidup di lingkungan di luar pelindung dinding sel.

Nilai TDS perlakuan berbagai konsentrasi ekoenzim masih tergolong tinggi (Gambar 6). Hal ini disebabkan TDS dari ekoenzim itu sendiri. Menurut Sayali *et al.*(2019) ekoenzim tidak efisien untuk menurunkan TDS dari air limbah rumah tangga karena ekoenzim mengandung bahan organik dalam jumlah besar karena terbuat dari limbah segar kulit buah, sayur, dan molase. Persentase pengurangan variasi parameter larutan enzim lebih tinggi setelah 15 hari filtrasi (Salvi dan Kerker, 2020).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan berbagai ekoenzim dalam menurunkan kadar LAS detergen belum mencapai standar baku yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jatim No.72 Tahun 2013, yaitu 3 ppm. Hal tersebut dapat terjadi karena rantai alifatik tidak dapat direduksi lebih lanjut pada kondisi perlakuan yang memiliki padatan terlarut masih tinggi (Budiawan *et al.*, 2010).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa proses fermentasi ekoenzim mempengaruhi perubahan karakteristik ekoenzim. Ekoenzim berbahan limbah kulit jeruk

dan kulit nanas memiliki rerata pH 3,69, suhu 26,8°C, dan TDS 1308 ppm. Penggunaan ekoenzim dengan berbagai konsentrasi berpengaruh terhadap penurunan kadar LAS detergen dan kualitas air. Kadar LAS dari tinggi ke rendah berturut-turut dengan perlakuan ekoenzim 0% sebesar 8,30 ppm, ekoenzim 10% sebesar 7,00 ppm, dan ekoenzim 5% sebesar 5,90 ppm. Kualitas air DO dengan ekoenzim 0% sebesar 4,02 ppm, ekoenzim 5% sebesar 1,43 ppm, dan ekoenzim 10% sebesar 1 ppm; BOD pada perlakuan ekoenzim 0% sebesar 1,19 ppm, ekoenzim 5% setinggi 0,54 ppm, dan ekoenzim 10% sebesar 0,77 ppm; pH air pada ekoenzim 0% setinggi 7,20; ekoenzim 5% setinggi 6,11; dan ekoenzim 10% setinggi 5,30; sedangkan rata-rata suhu pada perlakuan ekoenzim 0% 26,73°C, ekoenzim 5% 26,76°C, ekoenzim 10% setinggi 26,8°C; rata-rata TDS pada perlakuan ekoenzim 0% setinggi 0,65 ppm, ekoenzim 5% setinggi 242,16 ppm, dan ekoenzim 10% setinggi 409,66 ppm. Konsentrasi ekoenzim 5% adalah yang paling optimal dalam menurunkan kadar LAS, namun masih di atas baku mutu yang ditetapkan, yaitu 3 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Ademollo N, Patrolecco L, Polesello S, Valsecchi S, Wollgast J, Mariani G, and Hanke G, 2012. The analytical problem of measuring total concentrations of organic pollutants in whole water. *Trends in Analytical Chemistry*; 36(1) :71-81.
- Apriliyani N, 2017. Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*; 2(1): 37-44.
- Arun C dan Sivashanmugam P, 2015. Identification and optimization of parameters for the semi-continuous production of garbage enzyme from pre-consumer organic waste by green RP-HPLC method. *Waste Management*; 44(1): 28-33.
- Arun C dan Sivashanmugam P, 2017. Study on optimization of process parameters for enhancing the multi-hydrolytic enzyme activity in garbage enzyme produced from preconsumer organic waste. *Bioresource Technology*; 226(1): 200-210.
- Bakar KB, 2010. *Garbage Enzyme As an Alternative Method in Treatment of Sullage*. Master Thesis. Malaysia: University Teknologi Malaysia.
- Briyanto B, Arnelli A, dan Suseno A, 2010. Detergensi Natrium Dodesilbenzen Sulfonat dengan Penambahan Natrium Tripolifosfat dan Variasi pH. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*; 13(1): 8-11.
- Budiawan B, Fatisa Y, dan Khairani N, 2010. Optimasi Biodegradabilitas Dan Uji Toksisitas Hasil Degradasi Surfaktan Linear Alkilbenzena Sulfonat (Las) Sebagai Bahan Deterjen Pembersih. *MAKARA of Science Series*; 13(2): 125-133.
- Chauliyah AIN dan Murbawani EA, 2015. Analisis Kandungan Gizi Dan Aktivitas Antioksidan Es Krim Nanas Madu. *Journal of Nutrition College*; 4(4): 628-635.
- Fifendy M, Irdawati, dan Eldini, 2013. Pengaruh pemanfaatan molase terhadap jumlah mikroba dan ketebalan nata pada teh kombucha. Pengaruh Pemanfaatan molase terhadap jumlah mikroba dan ketebalan nata pada teh kombucha. *Semirata Unila*; 1(1): 67-72.
- Fitrihidajati H, Kustiyaningsih E, dan Rachmadiarti F, 2020. The Ability of *Sagittaria lancifolia* as Phytoremediator on Detergent Solution. *Journal of Physics: Conference Series*; 1569(4).
- Gubernur Jawa Timur, 2013. Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/ Atau Kegiatan Usaha Lainnya. Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72
- Hakim L, 2016. *Pengolahan Limbah Laundry dengan Menggunakan Tanaman Kenaf (Hibiscus cannabinus L.)*. Surabaya: Institute Teknologi Surabaya.
- Hatta M, 2014. Hubungan Antara Parameter Oseanografi dengan Kandungan Klorofil-A Pada Musim Timur di Perairan Utara Papua. *Torani (Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan)*; 24(3): 29-39.
- Hemalatha M dan Visantini P, 2020. Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*; 716(1).
- Hendra H, Barlian E, Razak A dan Sanjaya H, 2016. Photo-Degradation of Surfactant Compounds Using Uv Rays With Addition of Tio₂ Catalysts in Laundry Waste. *Sainstek : Jurnal Sains dan Teknologi*; 7(1): 59.
- Juwita R, 2012. Studi Produksi Alkohol Dari Tetes Tebu (*Saccharum officinarum L*) Selama Proses Fermentasi. *Fakultas Teknologi Pertanian*; 8.
- Kamiswari K, Hidayat M, Thamrin, dan Rahayu YS, 2013. Pengaruh Pemberian Detergen Terhadap Mortalitas Ikan *Platy sp*. *LenteraBio*; 2(1): 141.
- Larasati D, Astuti AP, dan Maharani ET, 2020. Uji Organoleptik Produk Eco-Enzyme dari Limbah Kulit Buah (Studi Kasus di Kota Semarang). *Seminar Nasional Edusainstek*; 278-283.
- Lestari T, Apriyadi R, Mustikarini ED, Satria A, dan Yasmin ND, 2020. Optimalisasi Pertumbuhan dan Daya Hasil Nenas dengan Menggunakan Berbagai Mulsa di Lahan Pasca Tambang Timah. *Jurnal Hortikultura Indonesia*; 11(2): 149-156.
- Mahdia A, Safitri PA, Setiarini RF, Maherani VFA, Ahsani MN, dan Soenarno MS, 2022. Analisis Keefektifan Ekoenzim sebagai Pembersih Kandang Ayam dari Limbah Buah Jeruk (*Citrus sp.*). *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*; 10(1): 42-46.

- 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.
- Nianti EE, Dwiloka B, and Setiani BE, 2018. Perubahan Derajat Kecerahan, Kekenyalan, Vitamin C, dan Sifat Organoleptik pada Permen Jelly Kulit Jeruk Lemon (*Citrus medica var Lemon*). *Jurnal Teknologi Pangan*; 2(1): 64-69.
- Puspitasari RL, Elfidasari D, Aulunia R, dan Ariani F, 2017. Studi Kualitas Air Sungai Ciliwung Berdasarkan Bakteri Indikator Pencemaran Pasca Kegiatan Bersih Ciliwung 2015. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*; 3(3): 156.
- Putro AP, Wignyanto P, dan Hindun, 2002. *Alkyl Benzene Sulfonate* (ABS), *Pseudomonas fluorescens*, Kecepatan aerasi, Volume medium NPK. *Jurnal Tekonologi Pertanian*; 2(2):103-120.
- Rahimah Z, Heldawati H, dan Syauqiah, 2016. Pengolahan Limbah Detergen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC. *Konversi*; 5(2): 13-19
- Rani A, Negi S, Hussain A, dan Kumar S, 2020. Treatment of urban municipal landfill leachate utilizing garbage enzyme. *Bioresource Technology*; 297:122437.
- Rasit N dan Mohammad FS, 2018. Production and Characterization of Bio Catalytic Enzyme Produced From Fermentation of Fruit and Vegetable Wastes and Its Influence on Aquaculture Sludge. *MATTER: International Journal of Science and Technology*; 4(2): 12-26.
- Rizki N, Sutrisno E, dan Sumiyati S, 2017. Penurunan Konsentrasi COD Dan TSS Pada Limbah Cair Tahu Dengan Teknologi Kolam (Pond) - Biofilm Menggunakan Media Biofilter Jaring Ikan Dan Bioball. *Psychology Applied to Work: An Introduction to Industrial and Organizational Psychology, Tenth Edition Paul*; 53(9): 1689-1699
- Rochamenes L, Ferreira JA, Mushtaq M, Karimi S, Orupöld K, dan Kikas T, 2020. Genetic modification of cereal plants: A strategy to enhance bioethanol yields from agricultural waste. *Industrial Crops and Products*; 112408.
- Rochman F, Hamami H, and Sapuan I, 2016. Pembuatan IPAL Limbah Deterjen Metode Elektrolisis Skala Pilot. *Journal Kimia Riset*; 1(1): 58-64.
- Rochyani N, Utpalari RL, dan Dahliana I., 2020. Analisis Hasil Konversi Eco Enzyme Menggunakan Nenas (*Ananas Comosus*) dan Pepaya (*Carica papaya L.*). *Jurnal Redoks*; 5(2): 135.
- Rulitasari D dan Rachmadiarti F, 2021. Semanggi Air (*Marsilea crenata*) Sebagai Agen Fitoremediasi LAS Detergen *Marsilea crenata* As a Detergent LAS Phytoremediation Agent. *Lenterabio*; 9(1): 99-104.
- Salvi S and Kerker S, 2020. Application of Eco-Enzyme for Domestic Waste Water Treatment. *International Journal for Research in Engineering Application & Management (IJREAM)*; 5(11): 114-116.
- Sayali DJ, Shruti CS, Scweta SS, Pawar ES, Dhamdhare HA, dan Patil TS, 2019. Use of Eco Enzymes in Domestic Waste Water Treatment. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*; 4(2): 568-570.
- Sidabutar EA, Sartimbu A, dan Handayania M, 2019. Suhu, Distribusi Dan, Salinitas Terlarut, Oksigen Di, Kedalaman Teluk, Perairan Kabupaten, Prigi Trenggalek, Kabupaten Timur, Jawa Teluk, Perairan Sepanjang, Trenggalek. *Journal of Fisheries and Marine Research*; 3(1): 46-52.
- Suprpto, 2014. Analisis Kesuburan Perairan Berdasarkan Hubungan Aquatic Productivity Analysis based on The Relationship between Physical and Chemical. *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*; 10(1): 56-61.
- Suriani S, Suharjono, Soemarno, 2015. Potensi Bakteri *Pseudomonas* Pendegradasi LAS di Ekosistem Sungai Tercemar Deterjen Sekitar Kampus Universitas Brawijaya. *Journal of Sustainable Development*; 6(1)
- Susilo B, 2012. Studi Optimasi Esterifikasi Asam Lemak Hasil Hidrolisis Minyak Kelapa dengan Glukosa Menggunakan Lipase *Candida rugosa* ec 3.1.1.3 Terimmobilisasi Pada Matriks eolit. *Jurnal Enzim*; 1(1): 1-92.
- Tang FE and Tong CW, 2011. A Study of the Garbage Enzyme's Effects in Domestic Wastewater. *International Journal of Environment*; 5(12): 887-892.
- Thomas R, Gough R, dan Freeman C, 2017. *Linear alkylbenzene sulfonate* (LAS) removal in constructed wetlands: The role of plants in the treatment of a typical pharmaceutical and personal care product. *Ecological Engineering*; 106: 415-422.
- Wimbaningrum R, Arianti I, dan Sulistiyowati H, 2020. Efektivitas Tanaman Lembang (*Typha angustifolia L.*) di Lahan Basah Buatan dalam Penurunan Kadar TSS, BOD dan Fosfat pada Air Limbah Industri Laundry. *Berkala Sainstek*; 8(1): 25.
- Win YC, 2011. Ecoenzyme Activating the Earth's Self- Healing Power. Alih Bahasa : Gan Chiu Har. Malaysia : Summit Print SDN. *BHD*; 6,8,9,14
- Yuliani RL, Purwanti E, and Pantiwati Y, 2015. Pengaruh limbah detergen industri laundry terhadap mortalitas dan indeks fisiologi ikan nila (*oreochromis niloticus*) effect of waste laundry detergent industry against mortality and physiology index of nile tilapia (*oreochromis niloticus*). *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS*; 822-828.
- Yusriah and Kuswytasari ND, 2013. Pengaruh pH dan Suhu Terhadap Aktivitas Protease *Penicillium sp.* *Sains dan Seni Pomits*; 2(1): 48-50.

Article History:

Received: 27 Mei 2022

Revised: 08 Agustus 2022

Available online: 8 Juli 2022

Published: 30 September 2022

Authors:

Marce Monica Gaspersz, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: marce.18068@mhs.unesa.ac.id

Herlina Fitrihidajati, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: herlinafitrihidajati@unesa.ac.id

How to cite this article:

Gaspersz, MM, Fitrihidajati H, 2022. Pemanfaatan Ekoenzim Berbahan Limbah Kulit Jeruk dan Kulit Nanas sebagai Agen Remediasi LAS Detergen. *LenteraBio*; 11(3): 503-513