

Pengaruh Ekoenzim Berbagai Limbah Kulit Buah terhadap Penurunan Konsentrasi Surfaktan pada Air Limbah Laundry

The Effect of Ecoenzymes of Various Fruit Peel Waste on Decreasing Surfactant Concentration in Laundry Wastewater

Wahyu Safira Wulandari*, Winarsih

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

*e-mail: wahyu.19029@mh.unesa.ac.id

Abstrak. Limbah *laundry* merupakan limbah yang dapat mencemari lingkungan dan berdampak buruk bagi manusia. Detergen merupakan produk pembersih yang biasa digunakan dalam proses laundry dengan salah satu kandungan bahan di dalamnya adalah surfaktan. Surfaktan yang berlebihan dapat menyebabkan rendahnya proses absorpsi oksigen di perairan serta dapat mengurangi kemampuan perkembangbiakan biota air. Salah satu solusi untuk menurunkan kadar surfaktan dalam air limbah laundry adalah dengan memanfaatkan sampah organik yang dikembangkan menjadi ekoenzim. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik ekoenzim yang dihasilkan serta pengaruhnya dalam menurunkan kadar surfaktan pada air limbah laundry. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan variabel yang diteliti adalah konsentrasi ekoenzim. Variasi ekoenzim yang digunakan adalah konsentrasi 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7% dengan waktu kontak selama 5 hari. Parameter yang diuji meliputi surfaktan, pH, TSS, dan BOD5. Analisis data dilakukan menggunakan ANAVA satu arah dilanjutkan uji Duncan untuk mencari perlakuan terbaik dalam menurunkan kadar surfaktan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan berbagai konsentrasi ekoenzim berpengaruh terhadap penurunan kadar surfaktan pada air limbah laundry. Perlakuan dengan konsentrasi 5% memiliki persentase penurunan kadar surfaktan tertinggi yaitu 98,33% dengan nilai 2,94 mg/L pada hari kelima.

Kata kunci: degradasi; kualitas air; limbah organik; pengolahan air limbah domestik; ramah lingkungan

Abstract. Laundry waste that is waste can pollute the environment and have a negative impact on humans. Detergent is a cleaning product that is commonly used in laundry process, which one of ingredients it is surfactant. Excessive surfactant can cause low oxygen absorption on waters and can reduce the ability of aquatic biota to reproduce. The one solution to reduce surfactant levels in laundry wastewater is to utilize organic waste, which was developed into ecoenzymes. This study aims to determine the characteristics of the resulting coenzymes and their effect on reducing surfactant levels in laundry wastewater. This study was an experimental study used a randomized block design (RBD) with the studied variable being the coenzymes concentration. Variations of coenzymes used were concentrations of 0%, 1%, 3%, 5% and 7% with a contact time of 5 days. Parameters tested included were surfactants, pH, TSS, and BOD5. Data analysis was performed used one way ANOVA followed by Duncan's test to determine the best treatment for reducing surfactant levels. The results showed that the treatment of various ecoenzyme concentrations affected the decrease in surfactant levels in laundry wastewater. Treatment with a concentration of 5% had the highest percentage of reduction in surfactant content, namely 98.33% with a value of 2.94 mg/L on the fifth day.

Keywords: degradation; water quality; organic waste; domestic wastewater treatment; eco-friendly

PENDAHULUAN

Keberadaan usaha *laundry* semakin menjamur seiring meningkatnya pertumbuhan serta aktivitas masyarakat Indonesia yang menginginkan proses pencucian secara instan (Putro *et al.*, 2019). Hal tersebut tentunya tidak terlepas dari penggunaan detergen. Penggunaan detergen pada aktivitas rutin manusia seperti mencuci piring, mencuci baju, ataupun mandi juga akan menghasilkan limbah detergen. Menurut Hakim (2016), usaha *laundry* umumnya tidak memiliki instalasi pengolahan air limbah (IPAL) terdekat, sehingga limbah yang dihasilkan mengalir ke saluran drainase, yang akhirnya mencemari kawasan sekitarnya.

Detergen adalah bahan pembersih yang terbuat dari campuran bahan kimia dan sering digunakan dalam industri, aktivitas rumah tangga, dan *laundry*. Terdapat tiga komponen dasar pada detergen, yaitu parfum, bahan pemutih, dan surfaktan (bahan kimia aktif permukaan) (Kamaruddin *et al.*, 2019). Surfaktan merupakan molekul organik dua bagian yang memiliki karakteristik berbeda. Bagian hidrofilik dari surfaktan lebih menyukai air, sedangkan bagian hidrofobik lebih menyukai lemak. Dengan kedua komponen tersebut, surfaktan dapat mengurangi tegangan permukaan air dan mengoptimalkan proses penyerapan air sehingga serat pakaian menjadi longgar dan kotoran akan mudah terangkat (Apriyani, 2017). Surfaktan yang menumpuk di badan air akan menyebabkan pendangkalan air dan menghambat transfer oksigen. Jenis surfaktan yang digunakan dapat menentukan dampak yang ditimbulkan. Surfaktan akan semakin sulit terurai apabila rantai kimia penyusunnya semakin panjang. Selain surfaktan, zat lain dengan konsentrasi tinggi yang terdapat pada limbah *laundry* adalah fosfat, padatan terlarut, BOD, dan COD. Nilai parameter yang tinggi pada air limbah *laundry* dapat membahayakan ekosistem.

Salah satu solusi untuk mengurangi jumlah surfaktan pada air limbah *laundry* adalah dengan menggunakan ekoenzim. Cairan organik kompleks yang dikenal sebagai ekoenzim dihasilkan melalui fermentasi bahan organik, gula molase, dan air (Low *et al.*, 2021). Tergantung pada bahan organik yang digunakan, warna ekoenzim dapat bervariasi dari coklat muda sampai coklat tua. Sampah organik seperti sampah kulit buah dan sayur merupakan contoh bahan organik yang sering digunakan dalam fermentasi ekoenzim. Pemanfaatan sampah organik menjadi ekoenzim ini juga merupakan salah satu upaya untuk mengurangi jumlah sampah organik di TPA (Tempat Pembuangan Akhir) yang juga dapat mengurangi efek gas rumah kaca.

Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020), terdapat 67,8 juta ton sampah di Indonesia pada tahun 2020, di mana 37,3% merupakan sampah rumah tangga, 16,4% sampah pasar tradisional, 15,9% sampah kawasan, 7,29% sampah komersial, 5,25% sampah fasilitas umum, dan 3,22% adalah sampah perkantoran. Dari seluruh sampah ini, sampah rumah tangga dan pasar tradisional menghasilkan sampah organik yang terbesar. Sampah organik yang tersisa dibuang ke TPA (Tempat Pembuangan Akhir), dengan hanya 10% yang didaur ulang. Salah satu gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sampah organik adalah metana. Selama kurun waktu 20 tahun, gas metana memiliki efek pemanasan 72 kali lebih besar daripada CO₂ (Dinas Lingkungan Hidup, 2019). Oleh karena itu, diharapkan dengan memanfaatkan sampah organik menjadi ekoenzim, jumlah gas metana yang dihasilkan selama penguraian sampah dapat diminimalisir.

Penelitian mengenai ekoenzim yang sudah ada seringkali menggunakan bahan organik limbah kulit buah nanas ataupun kulit buah pepaya. Kamila *et al* (2022) menggunakan limbah kulit buah kopi dan kulit buah pepaya untuk mengamati kandungan fitokimia pada fermentasi ekoenzim. Widyastuti *et al* (2023) menggunakan ekoenzim kombinasi kulit pepaya, kulit semangka, dan berbagai sayuran untuk menurunkan kadar surfaktan, nitrogen, dan fosfat pada limbah *laundry*. Gaspersz dan Fitrihidajati (2022) menggunakan ekoenzim dari kombinasi kulit buah nanas dan jeruk untuk menurunkan kadar LAS dalam detergen. Namun, pada penelitian ini bahan organik yang digunakan berasal dari kombinasi limbah kulit buah yang masih jarang digunakan dalam proses pembuatan ekoenzim, yaitu limbah kulit buah mangga, kulit buah jeruk, kulit buah apel, kulit buah pir, dan kulit buah belimbing. Masing-masing buah tersebut memiliki kandungan dan manfaat tersendiri yang masih jarang diketahui selama ini. Ekoenzim berbahan kulit mangga diketahui bersifat antimikroba karena adanya kandungan mangiferin yang kaya akan fenol serta enzim amilase yang dapat mendegradasi kotoran yang berasal dari karbohidrat atau pati. Kulit jeruk kaya akan vitamin C, minyak atsiri, dan juga pektin (Barros *et al.*, 2012). Kandungan pada kulit jeruk tersebut apabila dikombinasikan dengan kulit nanas dalam suatu produk ekoenzim akan menghasilkan enzim amilase, lipase, dan protease yang dapat menguraikan air limbah (Arun dan Sivashanmugam, 2017). Kulit buah apel, buah pir, dan juga buah belimbing mengandung flavonoid quersetin yang mempunyai aktivitas antioksidan. Flavonoid merupakan golongan terbesar dari senyawa fenolik yang dapat mencegah pertumbuhan bakteri, jamur, dan virus. Dengan membuat protein lebih terdenaturasi, flavonoid mampu meningkatkan permeabilitas membran sel. Dengan adanya kandungan tersebut, ekoenzim dengan campuran lima jenis buah tersebut diharapkan mampu menurunkan konsentrasi surfaktan pada air limbah *laundry*.

Kandungan enzim amilase, lipase, dan tripsin pada ekoenzim dapat digunakan sebagai biokatalisator untuk mengurangi jumlah polutan pada air limbah (Wang *et al.*, 2016). Menurut penelitian Patel *et al* (2021) tentang penggunaan ekoenzim untuk menurunkan konsentrasi polutan mengungkapkan bahwa ekoenzim dapat menurunkan konsentrasi chemical oxygen demand (COD)

pada limbah domestik. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Pratamadina *et al* (2022) membuktikan bahwa ekoenzim dari ekstrak kulit jeruk mampu mendegradasi detergen dalam air limbah domestik. Menurut Sayali *et al* (2019), penambahan ekoenzim 5% dapat menaikkan pH air limbah domestik dari 3,98 menjadi 6,70. Selain itu berdampak pada turunnya *Chemistry Oxygen Demand* (COD) dari 416 mg/l menjadi 228 mg/l, *Biology Oxygen Demand* (BOD) dari 196 mg/l menjadi 74,2 mg/l, dan *Total Dissolved Solid* (TDS) dari 671 mg/l menjadi 434 mg/l. Ekoenzim limbah kulit jeruk dan kulit nanas dengan konsentrasi 5% juga mampu menurunkan konsentrasi surfaktan dari 10 ppm menjadi 5,90 ppm serta BOD dari 0,17 ppm menjadi 0,12 ppm (Gaspersz dan Fitrihidajati, 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis karakteristik dan pengaruh penambahan larutan ekoenzim terhadap penurunan konsentrasi surfaktan pada air limbah *laundry*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu arah yaitu pengaruh konsentrasi ekoenzim dalam menurunkan kadar surfaktan pada air limbah *laundry*. Konsentrasi ekoenzim yang digunakan adalah 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7% dengan lama waktu kontak selama 5 hari. Banyaknya pengulangan diperoleh dari rumus $Feeder t(n-1) \geq 15$, dimana t adalah jumlah perlakuan dan n adalah jumlah pengulangan pada setiap perlakuan, sehingga dipeoleh 5 kali pengulangan pada setiap perlakuan dalam penelitian ini.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 hingga Februari 2023 di *Green House C10* Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Penelitian dilakukan melalui dua tahap, yaitu tahap pembuatan ekoenzim dan tahap implementasi. Tahap pembuatan ekoenzim meliputi pembuatan cairan ekoenzim dan dilanjutkan dengan analisis karakteristik awal dan akhir larutan ekoenzim. Analisis kandungan alkohol dan asam asetat pada ekoenzim dilakukan pada bulan kedua fermentasi di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Sedangkan tahap implementasi meliputi pengaplikasian larutan ekoenzim pada air limbah *laundry* yang dilanjutkan dengan pengukuran parameter meliputi surfaktan, pH, TSS, dan BOD₅. Analisis penurunan kadar surfaktan dilakukan di Laboratorium Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Surabaya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis secara MBAS (*Methylen Blue Active Substance*). Sedangkan parameter pH, TSS, dan BOD₅ dilakukan di *Green House C10* Biologi FMIPA Unesa. Masing-masing parameter diukur dua kali yakni pada hari ke-0 dan hari ke-5 perlakuan.

Penelitian dimulai dengan tahap pembuatan ekoenzim. Bahan pembuatan ekoenzim berupa limbah kulit buah yang diperoleh dari pedagang buah di pasar Menganti, Kecamatan Menganti, Gresik. Pembuatan larutan ekoenzim dilakukan dengan mencampurkan air aquades sebanyak 5 liter dengan 500 gr molase, serta 1500 gr limbah kulit buah di dalam wadah yang tertutup rapat. Proses fermentasi ekoenzim berlangsung selama 3 bulan. Setelah 3 bulan, residu kulit buah disaring dan dipisahkan dengan larutan ekoenzim. Selanjutnya dilakukan pengukuran karakteristik ekoenzim pada hari ke-0, ke-30, ke-60, dan ke-90 yang meliputi pH, suhu, TDS, warna, dan aroma. Selain itu, pada hari ke-60 juga dilakukan pengukuran kandungan alkohol dan asam asetat pada larutan ekoenzim. Setelah proses fermentasi selesai, kemudian dilakukan pengukuran karakteristik awal limbah *laundry* dan pengaplikasian larutan ekoenzim pada air limbah *laundry* dengan waktu kontak selama 5 hari.

Limbah *laundry* yang digunakan diperoleh dari limbah pencucian yang dilakukan sendiri dengan melarutkan detergen bubuk 100 gram ke dalam 25 liter air yang kemudian digunakan untuk mencuci pakaian sebanyak 15 potong. Air limbah *laundry* yang diujikan kada surfaktannya adalah air limbah pembilasan atau girahan setelah proses pencucian awal. Limbah *laundry* yang sudah diketahui kadar surfaktan awalnya dituangkan ke toples berkapasitas 1,5 liter dengan volume pada masing-masing toples yakni 1 liter. Kemudian ditambahkan larutan ekoenzim dengan konsentrasi 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7%. Parameter yang diamati adalah kadar surfaktan yang tersisa pada air limbah *laundry* setelah proses perlakuan 5 hari serta parameter pendukung seperti pH, TSS (*Total Suspended Solid*), dan BOD₅.

Data karakteristik ekoenzim dan kandungan asam asetat dianalisis secara deskriptif. Data penurunan konsentrasi surfaktan pada air limbah *laundry* diuji normalitasnya menggunakan uji Kolmogrov Smirnov, jika hasilnya berdistribusi normal dilanjutkan dengan uji Anova untuk mengetahui pengaruh larutan ekoenzim terhadap penurunan konsentrasi surfaktan pada air limbah *laundry*. Apabila hasilnya signifikan dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mencari perlakuan terbaik dalam menurunkan konsentrasi surfaktan. Data parameter kualitas air yang meliputi pH, TSS (Total

Suspended Solid), dan BOD₅ dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan tabel dan grafik. Data-data tersebut kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

HASIL

Berdasarkan hasil penelitian, pada tahap pembuatan ekoenzim diperoleh data yang meliputi hasil uji karakteristik ekoenzim, hasil uji kandungan alkohol dan asam asetat, serta hasil uji karakteristik awal limbah *laundry*). Sedangkan pada tahap implementasi diperoleh data berupa hasil analisis penurunan kadar surfaktan dan data pengukuran kualitas air pada awal dan akhir perlakuan. Hasil uji karakteristik ekoenzim dilakukan selama proses fermentasi pada hari ke-0, hari ke-30, hari ke-60, dan hari ke-90 yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Rerata pengukuran karakteristik ekoenzim

Waktu fermentasi	Parameter yang diukur				
	pH	Suhu	Warna	Aroma	TDS
Hari ke-0	4,74	28,7°C	Coklat pekat, tidak ada endapan	Segar manis dari buah dan molase	2810 ppm
Hari ke-30	4,55	28,2°C	Coklat pekat, ada endapan	Segar dan terdapat aroma alkohol	2790 ppm
Hari ke-60	3,85	28,1°C	Coklat keruh, ada endapan	Asam segar yang lebih kuat, wangi jeruk lebih dominan	1890 ppm
Hari ke-90	3,62	27,6°C	Coklat cerah, ada endapan	Asam segar yang lebih kuat, wangi jeruk lebih dominan	1475 ppm

Karakteristik ekoenzim mengalami penurunan selama proses fermentasi. Pemeriksaan beberapa parameter selama proses fermentasi yang meliputi suhu, pH, warna, aroma, dan kadar TDS (Total Dissolved Solid) telah memenuhi spesifikasi. Menurut Hasanah (2021), ekoenzim yang sudah siap panen harus memenuhi kriteria sebagai berikut, yakni pH berkisar 4, warna cerah, dan aromanya segar khas fermentasi.

Selain parameter di atas, selama proses fermentasi ekoenzim juga dilakukan uji kandungan alkohol dan asam asetat. Pengujian dilakukan pada hari ke-60 fermentasi atau pada bulan kedua. Hasil dinyatakan dalam persen yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji kandungan alkohol dan asam asetat pada ekoenzim

Parameter	Satuan	Hasil Uji
Alkohol (C ₂ H ₅ OH)	%	0
Asam asetat (CH ₃ COOH)	%	5,67

Pengukuran kandungan ekoenzim pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar asam asetat dalam sampel ekoenzim adalah 5,67% sedangkan tidak ditemukan adanya alkohol pada hasil uji sampel ekoenzim.

Sebelum larutan ekoenzim diaplikasikan dalam air limbah *laundry*, sampel air limbah *laundry* diuji karakteristik awalnya sebagai pembanding setelah dicampurkan dengan larutan ekoenzim. Beberapa parameter yang diuji meliputi pH, TSS, BOD₅, dan surfaktan. Hasil uji karakteristik awal limbah *laundry* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil karakteristik awal air limbah *laundry*

Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Baku Mutu
pH	-	7,82	6-9
TSS	mg/L	122	60
BOD ₅	mg/L	6,13	75
Surfaktan	mg/L	176,2	3

Hasil analisis parameter pH dan BOD₅ telah memenuhi standar baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air

Limbah. Sedangkan parameter TSS dan surfaktan belum memenuhi standar baku mutu (Tabel 3). Dengan demikian, diperlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum air limbah dibuang langsung ke badan air.

Hasil analisis of varian (ANOVA) terhadap proses penurunan kadar surfaktan menunjukkan adanya pengaruh signifikan oleh perlakuan konsentrasi ekoenzim. Pada faktor konsentrasi ekoenzim menunjukkan nilai sig sebesar $0,01 < 0,05$ ($0,00 < 0,05$) sehingga dapat dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf signifikansi 0,05. Uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi ekoenzim berbeda nyata pada konsentrasi 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7% (Tabel 4).

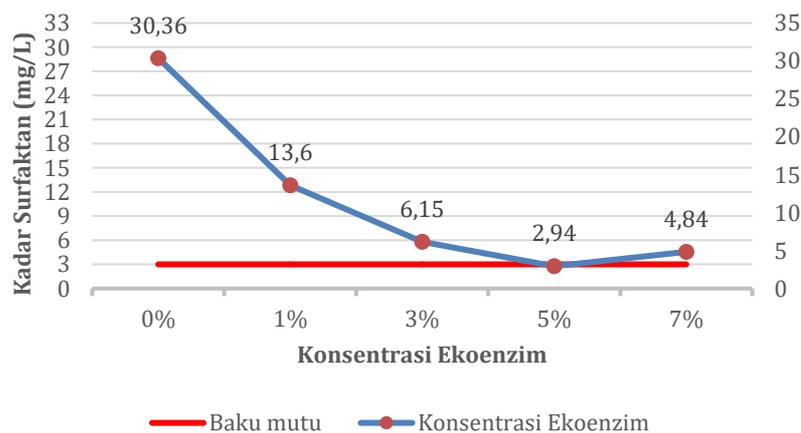
Tabel 4. Analisis penurunan kadar surfaktan pada berbagai perlakuan ekoenzim

Konsentrasi ekoenzim (%)	Kadar surfaktan air limbah laundry (mg/L)*		Persentase penurunan kadar surfaktan (%)	Baku mutu (mg/L)
	Awal	Akhir		
0	176,2	30 ± 21,7b	82,77 ± 12,34	3
1	176,2	13,60 ± 14ac	92,28 ± 7,96	
3	176,2	6,15 ± 5,06ab	96,52 ± 2,91	
5	176,2	2,94 ± 3,07a	98,33 ± 1,74	
7	176,2	4,84 ± 3,04a	97,25 ± 1,71	

Keterangan: *)Berdasarkan uji Duncan dengan taraf uji 0,05; bilangan yang diikuti dengan notasi abjad berbeda menunjukkan perbedaan nyata.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat penurunan kadar surfaktan setelah diberikan perlakuan berupa penambahan larutan ekoenzim dengan berbagai konsentrasi. Persentase penurunan kadar surfaktan yang tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan dengan konsentrasi ekoenzim 5% yang mengalami penurunan kadar surfaktan dari 176,2 mg/L menjadi $2,94 \pm 3,07a$ mg/L. Sedangkan persentase penurunan kadar surfaktan yang terendah ditunjukkan oleh perlakuan dengan konsentrasi ekoenzim 0% (kontrol) yang mengalami penurunan kadar surfaktan dari 176,2 mg/L menjadi $30,36 \pm 21,7b$ mg/L.

Berdasarkan baku mutu menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, kadar surfaktan pada air limbah laundry yang diberikan perlakuan penambahan konsentrasi ekoenzim 5% sudah memenuhi standar baku mutu. Sedangkan untuk perlakuan dengan konsentrasi 0%, 1%, 3%, dan 7% masih berada di atas ambang baku mutu. Grafik penurunan kadar surfaktan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penurunan kadar surfaktan pada berbagai perlakuan ekoenzim

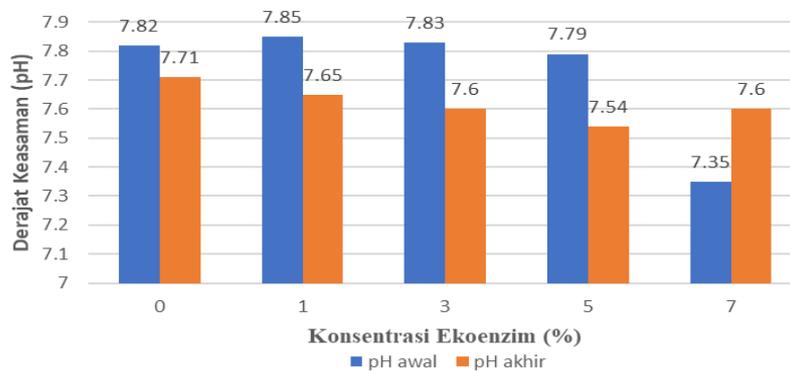
Pengukuran kualitas air dilakukan pada hari ke-0 dan hari ke-5 pada setiap sampel percobaan. Hasil rata-rata pengukuran parameter kualitas air pada hari ke-0 dan hari ke-5 berturut-turut disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Rata-rata pengukuran parameter kualitas air pada hari ke-0

Parameter	Konsentrasi Ekoenzim					Baku mutu
	0%	1%	3%	5%	7%	
pH	7,82 ± 0,06	7,85 ± 0,06	7,83 ± 0,06	7,79 ± 0,05	7,80 ± 0,06	6-9
TSS (mg/L)	122 ± 7,96	131 ± 2,91	145 ± 3,08	193 ± 1,87	251 ± 1,22	60
BOD ₅ (mg/L)	5,97 ± 0,53	5,82 ± 0,94	5,80 ± 0,78	5,78 ± 0,74	6,66 ± 0,61	75

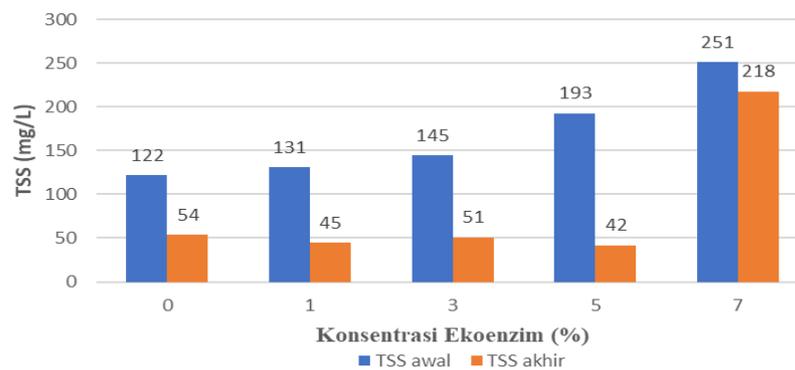
Tabel 6. Rata-rata pengukuran parameter kualitas air pada hari ke-5

Parameter	Konsentrasi Ekoenzim					Baku mutu
	0%	1%	3%	5%	7%	
pH	7,71 ± 0,12	7,65 ± 0,12	7,60 ± 0,26	7,54 ± 0,10	7,60 ± 0,09	6-9
TSS (mg/L)	54 ± 0,55	45 ± 3,08	51 ± 0,84	42 ± 1,87	218 ± 3,67	60
BOD ₅ (mg/L)	1,39 ± 0,13	1,03 ± 0,02	1,56 ± 0,33	0,29 ± 0,16	2,53 ± 0,23	75



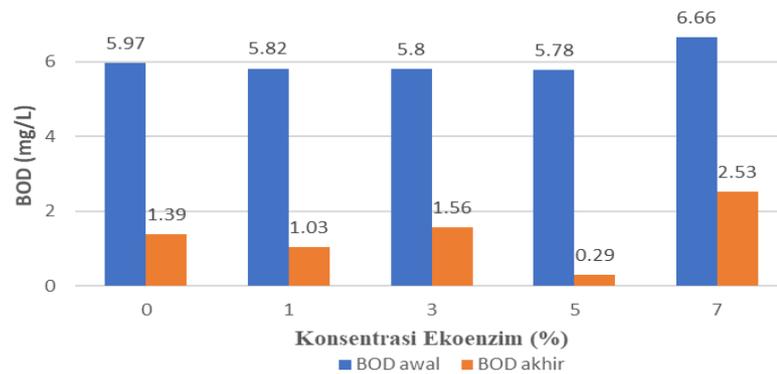
Gambar 2. Hasil pengukuran nilai pH pada setiap perlakuan ekoenzim

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa terdapat perubahan pH pada berbagai perlakuan ekoenzim. Pada hari ke-0 setiap perlakuan ekoenzim menunjukkan nilai pH awal yang tinggi, sedangkan setelah diberikan berbagai konsentrasi ekoenzim dan dibiarkan kontak selama 5 hari, nilai pH mengalami penurunan.



Gambar 3. Hasil pengukuran nilai TSS pada setiap perlakuan ekoenzim

Gambar 3 menunjukkan bahwa terdapat perubahan kadar TSS dengan perlakuan berbagai konsentrasi ekoenzim. Secara keseluruhan, kadar TSS mengalami penurunan setelah diberikan ekoenzim dan dibiarkan kontak selama 5 hari. Penurunan kadar TSS yang tertinggi yaitu pada konsentrasi ekoenzim 5%.



Gambar 4. Hasil pengukuran nilai BOD₅ pada setiap perlakuan ekoenzim

Terdapat penurunan nilai BOD₅ pada masing-masing perlakuan ekoenzim. Secara keseluruhan nilai BOD₅ pada hari ke-5 mengalami penurunan setelah diberikan ekoenzim dengan berbagai konsentrasi (Gambar 4). Penurunan nilai BOD₅ yang tertinggi yaitu pada konsentrasi ekoenzim 5%.

PEMBAHASAN

Ekoenzim merupakan produk fermentasi yang terbuat dari bahan organik seperti sisa kulit buah atau sayur yang dicampur dengan molase dan air (Hemalatha dan Visantini, 2020). Menurut Tang dan Tong (2011), terdapat banyak senyawa organik pada ekoenzim yang dihasilkan dari asam organik dan garam mineral yang berfungsi sebagai katalisator. Aplikasi ekoenzim pada air limbah mampu mencapai tingkat degradasi yang hampir mirip dengan kinerja enzim komersial (Supriyani *et al.*, 2020). Fermentasi sendiri merupakan proses penguraian senyawa organik untuk menghasilkan energi yang dibantu oleh mikroorganisme (Madigan *et al.*, 2011). Mikroorganisme akan melakukan metabolisme dalam keadaan anaerob. Dalam melakukan metabolisme, bakteri akan membutuhkan energi yang umumnya bersumber dari glukosa, dalam hal ini proses metabolisme yang dimaksud adalah Anabolisme (Asimilasi). Hasil fermentasi ekoenzim diperoleh sebagai akibat dari proses metabolisme tersebut. Tujuan mikroorganisme melakukan metabolisme antara lain untuk sintesis enzim, memperbaiki sel yang rusak, pertumbuhan dan perbanyakan, penyerapan hara dan ekskresi senyawa yang tidak diperlukan, serta untuk motilitas sel (pergerakan) (Utami dan Sri, 2023). Menurut Rasit dan Mohammad (2018), prinsip dalam fermentasi ekoenzim adalah karbohidrat dalam molase diubah menjadi asam volatile sedangkan asam organik yang terdapat pada kulit buah diubah menjadi larutan enzim. Molase berperan sebagai substrat fermentasi dan sumber bahan organik tinggi karbon bagi bakteri yang bekerja selama proses fermentasi (Rochyani *et al.*, 2020). Sedangkan air berperan sebagai media bagi zat organik yang larut dalam air untuk partisi antara fase padat terlarut dan tersuspensi (Ademola *et al.*, 2013).

Pada penelitian ini, ekoenzim yang digunakan berasal dari campuran limbah kulit buah mangga, jeruk, apel, pir, dan belimbing. Limbah buah tersebut dipotong kecil-kecil agar bakteri dekomposer lebih teraktivasi dalam melakukan fermentasi (Widiani dan Aulia, 2023). Dengan luas bidang yang lebih kecil dan jumlah limbah organik yang tidak memenuhi volume wadah fermentasi, kemudian ditambahkan molase sebagai sumber energi bagi bakteri serta air dengan perbandingan 3 : 1 : 10, lalu dihomogenkan dan ditutup rapat dan diletakkan di tempat yang tidak terkena sinar matahari langsung. Proses fermentasi berlangsung selama 90 hari atau 3 bulan. Pada 2 minggu pertama, tutup galon dibuka untuk mengeluarkan gas yang dihasilkan dan menghindari ledakan selama fermentasi.

Selama proses fermentasi juga diamati karakteristik pada larutan ekoenzim yang meliputi pH, suhu, warna, aroma, dan TDS (Total Dissolved Solid). Menurut Hasanah (2021), ekoenzim yang sudah siap panen harus memenuhi beberapa kriteria, yakni pH berkisar 4, warna cerah, dan aromanya segar khas fermentasi. Hasil pengamatan karakterisasi sebelum proses fermentasi yakni pada hari ke-0 sampai hari ke-60 cairan ekoenzim memiliki rata-rata pH 4,38; suhu 28,3°C; dan TDS 2496 ppm. pH ekoenzim cenderung asam karena bahan pembuatan ekoenzim, yaitu molase yang merupakan cairan bersifat asam yang memiliki pH 5,5-6,5. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya dimana secara kimia ekoenzim bersifat asam dengan pH antara 3 sampai 4 (Rochyani *et al.*, 2020). Hal tersebut didukung penelitian Rasit *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa

semakin besar asam organik yang terkandung, maka pH ekoenzim akan semakin rendah. Hasil pengamatan karakterisasi suhu pada ekoenzim masih berada pada kisaran suhu normal. Adanya penurunan atau peningkatan suhu disebabkan karena tempat fermentasi berada di bawah naungan pohon yang menyebabkan suhu bisa berubah sewaktu-waktu. Hasil karakterisasi pada TDS menunjukkan kategori yang tinggi, hal ini disebabkan oleh adanya kandungan bahan organik pada molase. TDS sendiri merupakan jumlah padatan terlarut atau konsentrasi jumlah ion kation dan anion di dalam air. Menurut (Widiani dan Aulia, 2023), bahan yang digunakan saat fermentasi juga berpengaruh terhadap nilai TDS. Akumulasi bahan organik dan gula yang digunakan untuk substrat dalam fermentasi menjadi penyebab tingginya nilai TDS pada ekoenzim. Selama pengamatan juga terjadi perubahan kondisi larutan ekoenzim yang meliputi warna dan aroma. Pada hari ke-0 larutan ekoenzim berwarna coklat pekat dan berubah menjadi coklat muda atau sedikit pudar pada hari ke-90. Pada hari ke-0 masih tercium aroma segar dari limbah kulit buah dan aroma manis dari molase, namun pada hari ke-30 dan seterusnya aroma larutan ekoenzim sedikit asam. Kondisi larutan juga mengalami perubahan dari hari ke-0 dengan keadaan limbah kulit buah masih mengapung dan banyak keluar gas sedangkan pada hari ke-30 dan seterusnya sudah tidak terdapat gas dan larutan kulit buah mulai mengendap di bagian bawah.

Asam asetat merupakan senyawa organik yang mengandung asam karboksilat tidak berwarna, memiliki bau yang menyengat, rasa yang asam, dan larut dalam air, alkohol, gliserol, dan eter. Pada saat fermentasi dihasilkan aroma asam yang bersumber dari asam asetat yang terdapat dalam larutan ekoenzim. Asam asetat tersebut dihasilkan melalui proses metabolisme bakteri secara alami yang terdapat pada sisa kulit buah selama fermentasi pada kondisi anaerob. Pernyataan tersebut sejalan dengan Larasati *et al* (2020), bahwa asam asetat dihasilkan dari metabolisme anaerobik yang merupakan fermentasi bakteri untuk menghasilkan energi. Menurut Pradnyandari *et al* (2017), selama proses fermentasi akan dihasilkan sukrosa yang akan diubah menjadi alkohol dan berlanjut menjadi asam asetat. Sedangkan menurut Nugrahani *et al* (2021), asam asetat diperoleh dari proses fermentasi bahan pangan seperti buah dan sayur yang mengandung karbohidrat tinggi. Menurut Muninggar (2020), ekoenzim mengandung gugus karboksilat melalui proses esterifikasi sehingga menghasilkan asam asetat.

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa produk ekoenzim yang dihasilkan mengandung asam asetat sebanyak 5,67%. Sedangkan berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa produk ekoenzim tidak mengandung alkohol. Hal ini dikarenakan selama fermentasi terjadi proses glikolisis yang menguraikan glukosa menjadi asam piruvat, asam piruvat kemudian akan diubah menjadi alkohol dalam kondisi anaerobik. Alkohol yang dihasilkan akan diubah menjadi asam asetat sehingga dalam produk ekoenzim hanya ditemukan asam asetat sebagaimana yang tertera pada tabel. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Samriti dan Arti (2019), yang menunjukkan bahwa ekoenzim dari limbah buah maupun limbah sayur menghasilkan kandungan asam asetat sebesar 4,2% dan 5,4%. Rohmah *et al* (2020) menyatakan bahwa alkohol akan dihasilkan pada bulan pertama proses fermentasi, bulan kedua menghasilkan asam asetat, dan bulan ketiga menghasilkan enzim.

Penelitian ini menggunakan air limbah *laundry* sintesis yang dibuat sendiri di Kecamatan Benjeng, Gresik, Jawa Timur. Uji karakteristik limbah dilakukan untuk mengetahui kondisi awal limbah sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan *laundry*. Air limbah *laundry* secara fisik memiliki karakteristik berwarna kehitaman (gelap), keruh, bau menyengat, dan berbusa. Secara kimia air limbah *laundry* mengandung surfaktan yang berbahaya bagi lingkungan. Sedangkan secara biologi air limbah *laundry* terdapat mikroorganisme. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengolahan air limbah *laundry* sebaiknya dilakukan secara fisik dan/atau kimia, salah satunya yaitu dengan menambahkan larutan ekoenzim.

Hasil pengujian karakteristik limbah *laundry* menunjukkan bahwa hasil analisis parameter pH dan BOD₅ masih memenuhi syarat baku mutu air limbah sebagaimana tertuang dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan *laundry*. Sedangkan hasil pada parameter TSS dan surfaktan telah melebihi standar baku mutu. Pada uji awal parameter surfaktan air limbah *laundry* didapatkan hasil 176,2 mg/L, hal ini menunjukkan bahwa sampel air limbah *laundry* mengandung surfaktan sebagai salah satu zat polutan. Pembuangan limbah secara langsung ke badan air akan mencemari lingkungan dan membahayakan ekosistem sekitarnya.

Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan berbagai konsentrasi ekoenzim berpengaruh dalam menurunkan kadar surfaktan pada air limbah *laundry*. Hal tersebut dibuktikan dengan sampel air

limbah *laundry* yang memiliki konsentrasi surfaktan lebih kecil di akhir perlakuan. Persentase penurunan kadar surfaktan berturut-turut dari tinggi ke rendah yaitu dari perlakuan ekoenzim 5%, 7%, 3%, 1%, dan 0%. Perlakuan ekoenzim 0% juga menyebabkan penurunan kadar surfaktan. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya penguapan antara kadar oksigen dan surfaktan dalam air limbah *laundry* yang dibiarkan selama 5 hari, sehingga menyebabkan kadar surfaktan turun (Sidabutar, 2019). Konsentrasi ekoenzim 5% menunjukkan penurunan kadar surfaktan yang lebih tinggi daripada perlakuan konsentrasi 7%. Hasil tersebut searah dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Salvi (2020) dan Gaspersz dan Fitihidajati (2022), yang menyatakan bahwa konsentrasi ekoenzim 5% lebih optimal daripada konsentrasi ekoenzim 10% untuk mendegradasi limbah cair domestik.

Arun dan Sivashanmugam (2017) mengatakan bahwa ekoenzim mampu mendegradasi limbah karena adanya kandungan multi aktivitas enzim hidrolitik pada bahan organik yang digunakan. Ekoenzim dari kulit jeruk mengandung enzim lipase yang mampu mendegradasi kotoran pada pakaian (Sholeha, 2021). Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian Arun dan Sivashanmugam (2015) yang menyatakan bahwa enzim lipase bersifat biokatalisator yang mampu membantu degradasi surfaktan dalam deterjen dengan cara mempercepat laju reaksi. Selain itu, enzim lipase dan alkilsulfatase juga mampu memutus rantai karbon yang terdapat pada surfaktan. Kandungan lain dalam kulit jeruk adalah asam sitrat yang diduga berperan dalam menguraikan deterjen yang ada pada air limbah *laundry* (Arun dan Sivashanmugam, 2015). Selain itu, kulit mangga juga mengandung beberapa senyawa aktif yang berperan dalam penurunan kadar surfaktan. Menurut Widayati *et al* (2018), kandungan saponin pada kulit mangga mampu menurunkan tegangan air serta mengangkat noda atau kotoran. Adanya aktivitas enzim amilase pada kulit mangga juga mampu menghidrolisis pati untuk menghasilkan molekul yang lebih sederhana seperti glukosa, maltosa, dan deksktrin. Enzim amilase inilah yang mampu menurunkan konsentrasi surfaktan dengan cara menghidrolisis noda atau kotoran yang berasal dari pati/karbohidrat sehingga mudah dibersihkan. Flavonoid yang terdapat pada kulit apel, pir, dan belimbing bersifat desinfektan dan bakteriostatik yang mampu menghambat aktivitas sintesis dinding sel bakteri dan mendenaturasi protein (Sari dan Mursiti, 2016).

Keberadaan mikroorganisme juga berperan selama proses fermentasi ekoenzim. Fermentasi merupakan proses yang melibatkan transformasi kimia substrat organik dengan adanya katalis, khususnya enzim yang dihasilkan oleh bakteri tertentu, termasuk asam organik, protein sel tunggal, dan biopolimer (Bernadin, 2017). Fermentasi larutan ekoenzim diperoleh sebagai hasil akhir metabolisme mikroorganisme pada substrat kulit buah secara anaerob. Mikroorganisme akan memperoleh asupan energi dari glukosa selama proses fermentasi. Sebanyak 40-60% gula dalam molase yang digunakan sebagai bahan ekoenzim adalah sukrosa, sedangkan sisanya adalah glukosa dan fruktosa (Pangesti *et al.*, 2012). Glukosa inilah yang berperan dalam proses fermentasi dan menjadi sumber energi bagi mikroorganisme.

Penambahan larutan ekoenzim juga berpengaruh terhadap parameter kualitas air yang meliputi pH, TSS, dan BOD₅. Nilai pH awal tertinggi ditunjukkan pada perlakuan dengan konsentrasi 1% sedangkan pH terendah ditunjukkan pada perlakuan dengan konsentrasi 7%. Setelah dibiarkan kontak selama 5 hari, nilai pH menunjukkan adanya penurunan. Penurunan pH yang paling banyak ditunjukkan pada perlakuan dengan konsentrasi ekoenzim 5%, dimana terjadi penurunan dari 7,79 menjadi 7,54 (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi ekoenzim 5% dapat bekerja lebih efektif dalam menurunkan parameter pH. Menurut Yusriah dan Kuswyatasari (2013), enzim memiliki struktur dimensi yang dipengaruhi oleh konsentrasi ion hidrogen yang juga akan mempengaruhi aktivitasnya, sehingga dalam hal ini pH juga akan mempengaruhi kecepatan enzim dalam mengkatalis suatu reaksi. Masing-masing enzim yang berperan dalam pembuatan ekoenzim memiliki pH optimum dalam melakukan kerjanya. Menurut Gaspersz dan Fitrihidajati (2022), pH antara 6,0-7,0 ideal untuk aktivitas enzim amilase dan protease. Sedangkan enzim lipase bekerja optimal pada kisaran pH 7,0-10.

Parameter TSS (Total Suspended Solid) juga menunjukkan penurunan pada akhir perlakuan. TSS (Total Suspended Solid) merupakan zat padat tersuspensi yang dapat menimbulkan berkurangnya oksigen dalam air. Kandungan TSS dalam air berhubungan erat dengan kecerahan perairan tersebut. Total Suspended Solid yang tinggi dapat menghalangi sinar matahari yang masuk dalam air, sehingga mengganggu proses fotosintesis. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 bahwa nilai TSS setelah pengolahan ekoenzim dengan variasi konsentrasi 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7% pada hari kelima semakin menurun. Penurunan parameter TSS tertinggi adalah perlakuan konsentrasi 5% yaitu sebesar 1,51% dengan nilai 42 mg/L pada hari ke 5. Penurunan terendah ditunjukkan pada konsentrasi

ekoenzim 7% yaitu sebesar 0,33% dengan nilai 218 mg/L pada hari ke 5. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena konsentrasi ekoenzim yang diberikan saat pengenceran terlalu banyak sehingga menyebabkan sampel semakin keruh dan ekoenzim tidak bekerja secara optimal. Penurunan parameter TSS juga berbanding lurus dengan nilai pH. Menurut Yudhistra dan Mujiburohman (2020), pH yang mendekati asam akan memberikan penurunan kadar TSS yang lebih baik daripada pH mendekati basa. Dalam hal ini dapat dilihat bahwa pH pada perlakuan 5% juga menunjukkan nilai yang paling mendekati asam daripada nilai pH pada perlakuan lainnya.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kadar BOD₅ pada air limbah laundry mengalami penurunan yang selaras dengan penurunan kadar surfaktan dalam air. Hal tersebut dapat terjadi karena ekoenzim menguraikan bahan pencemar di dalam air. Hal ini diperkuat oleh penelitian Gaspersz dan Fitrihidajati (2022), bahwa nilai BOD₅ yang rendah menunjukkan residu zat organik biodegradable juga sedikit, hal ini karena ekoenzim mampu mendegradasi cemaran bahan organik selama perlakuan BOD₅ sendiri merupakan indikator oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan cemaran organik. Apabila cemaran organik dalam jumlah banyak, maka oksigen yang diperlukan juga semakin besar, yang berarti nilai BOD₅ tinggi. Apabila bahan cemaran organik di dalam air sedikit, oksigen yang diperlukan juga sedikit sehingga nilai BOD₅ rendah. Perlakuan dengan penurunan BOD₅ yang paling tinggi ditunjukkan pada konsentrasi ekoenzim 5% dimana BOD₅ menurun dari 5,78 mg/L menjadi 0,29 mg/L (Gambar 4). Hal ini sejalan dengan penelitian Salvi dan Kerker (2020), yang menunjukkan bahwa konsentrasi ekoenzim 5% mampu menurunkan nilai BOD₅ pada air limbah domestik sebesar 62,51%.

SIMPULAN

Proses fermentasi ekoenzim menyebabkan perubahan karakteristik pada larutan ekoenzim. Ekoenzim dengan campuran lima bahan organik memiliki pH dengan rata-rata 3,62, TDS 1475 ppm, dan suhu 27,6°C, warna ekoenzim cenderung coklat dan beraroma asam segar. Terdapat pengaruh konsentrasi ekoenzim terhadap penurunan kadar surfaktan dan kualitas air pada limbah laundry. Kadar surfaktan dari tinggi ke rendah dengan perlakuan ekoenzim 0% (30,36 mg/L), 1% (13,60 mg/L), 3% (6,15 mg/L), 7% (4,84 mg/L), dan 5% (2,94 mg/L). Konsentrasi ekoenzim yang paling efektif untuk menurunkan kadar surfaktan pada air limbah laundry sehingga sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan adalah ekoenzim 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ademola AK, Adetayo A, Abdulganiy, & Raji O, 2013. Effect of Slice Thickness and Temperature On The Drying Kinetics of Mango (*Mangifera indica* L.) *International Journal RRAS*; 15(1).
- Apriyani N, 2017. Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*; 2(1): 37-44.
- Arun C & Sivashanmugam P, 2015. Investigation of Biocatalytic Potential of Garbage Enzyme and its Influence on Stabilization of Industrial Waste Activated Sludge. *Journal of Process Safety and Environmental Protection*; 94: 471-478.
- Arun C & Sivashanmugam P, 2017. Study on Optimization of Process Parameters Forenhancing The Multihydrolytic Enzyme Activity in Garbage Enzyme Produced from Preconsumer Organic Waste. *Journal of Bioresource Technology*; 226 (1): 200-210.
- Barros H, Ferreira T, & Genovese MI, 2012. Antioxidant Capacity and Mineral Content of Pulp and Peel from Commercial Cultivars of Citrus from Brazil. *Food Chemistry*; 134(4): 1892-1898.
- Bernadin DM, Desmintari, & Yuhaniyaya, 2017. Pemberdayaan Masyarakat Desa Citeras Rangkasbitung Melalui Pengolahan Sampah Dengan Konsep Eco-enzyme dan Produk Kreatif yang Bernilai Ekonomi. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*; 2(1).
- Dinas Lingkungan Hidup, 2019. Pemanasan Global (*Global Warming*). Retrived from Website Resmi Pemerintah Kabupaten Buleleng. Website: <https://dlh.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/pemanasan-global-global-warming-76>
- Gaspersz MM & Fitrihidajati H, 2022. Pemanfaatan Ekoenzim Berbahan Limbah Kulit Jeruk dan Kulit Nanas sebagai Agen Remediasi LAS Detergen. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*; 11(3): 503-513.
- Hakim L, 2016. Pengolahan Limbah Laundry dengan Menggunakan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). *Environmental Science*.
- Hasanah Y, 2021. Eco Enzyme and its Benefits for Organic Rice Production and Disinfectant. *Journal if Saintech Transfer*: 3(2): 119-128.
- Hemalatha M & Visantini P, 2020. Potential uUse of Ecoenzyme for The Treatment of Metal Based Effluent. *IOP Conference Series: Material Science Engineering*; 716(1).

- Kamaruddin MA, Ibrahim MH, Thung LM, Emmanuel MI, Niza NM, Shadi AMH, & Norashiddin FA, 2019. Sustainable Synthesis of Pectinolytic Enzymes from Citrus and *Musa acuminata* Peels for Biochemical Oxygen Demand and Grease Removal by Batch Protocol. *Journal of Applied Water Science*; 9(68).
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2020. *Mayoritas Sampah Nasional dari Aktivitas Rumah Tangga pada 2020*. Diakses pada 23 Februari 2023 <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/07/29/mayoritas-sampah-nasional-dari-aktivitas-rumah-tangga-pada-2020>.
- Kamila ZA, Mylyadi H, Suharti, & Haryono NY, 2022. Optimasi Pembuatan Ekoenzim dari Limbah Kulit Kopi dan Pepaya. *Prosiding Seminar Bioteknologi Nasional (SimBioN) 2022*; 1: 129-137.
- Larasati D, Astuti AP, & Maharani ET, 2020. Uji Organoleptik Produk Eco-Enzyme dari Limbah Kulit Buah (Studi Kasus di Kota Semarang). *Seminar Nasional Edusaintek: FMIPA UNIMUS 2020*; 4: 278-283.
- Low CW, Ling RLZ, & Teo Swee-Sen, 2021. Effective Microorganisms in Producing Eco-Enzyme from Food Waste for Wastewater Treatment. *Journal of Microbiology : Theory and Technology*; 2(1): 28-36.
- Madigan MT, Bender K, Buckley D, Sattley WM, & Stahl DA, 2011. *Brock Microbiology of Microorganisms*. Boston : Pearson.
- Muninggar Vika S, Astuti AP, & Maharani Endang Tri W, 2020. Perbandingan Uji Organoleptik Pada Delapan Variabel Produk Ekoenzim. *Seminar Nasional Edusaintek: FMIPA UNIMUS 2020*; 4: 393-399.
- Nugrahani NN, Apriyani I, & Bahri S, 2021. Analisis Kadar Asam Asetat Hasil Fermentasi Buah Kedondong (*Spondias dulcis* Parkinson) dengan Metode Titrasi Alkalimetri. *Jurnal Ilmu Kefarmasian*; 14(2): 97-101.
- Pangesti Nur Wahyu I, Pangastuti A, & Retnaningtyas E, 2012. Pengaruh Penambahan Molase Pada Produksi Enzim Xilanase oleh Fungi *Aspergillus niger* dengan Substrat Jerami Padi. *Jurnal Bioteknologi*; 9(2): 41-48.
- Patel BS, Solanki B, & Mankad AU, 2021. Effect of Eco-enzymes Prepared from Selected Organic Waste on Domestic Waste Water Treatment. *World Journal of Advanced Research and Reviews*; 10 (1): 323-333.
- Pradnyandari Ayu T, Dhyana Putri I Gusti Ayu S, & Jirna I Nyoman, 2017. Kajian Karakteristik Objektif dan Subjektif Tuak Aren (*Arenga pinnata*) Berdasarkan Lama Waktu Penyimpanan. *Meditory*; 5(1): 2 13-22.
- Pratamadina E & Wikaningrum T, 2022. Potensi Penggunaan Ekoenzim pada Degradasi Detergen dalam Air Limbah Domestik. *Jurnal Serambi Engineering*; 7(1): 2722-2728.
- Utami P R & Sri Indayani, 2023. *Buku Ajar Pengantar Bakteriologi Dasar untuk ATLM*. Yogyakarta : DEEPUBLISH DIGITAL.
- Putro Raden KH, Setiawan YA, & R Tuhu Agung, 2019. Degradasi Surfaktan (Linear Alkyl Benzene) Pada Limbah Laundry Dengan Metode Fotokatalis ZnO. *Jurnal Envirotek*; 11(1): 25-30.
- Rasit N & Mohammad FS, 2018. Production and Characterization of Bio Catalytic Enzyme Produced From Fermentation of Fruit and Vegetable Waste and Its Influence on Aquaculture Sludge. *MATTER: International Journal of Science and Technology*; 4(2): 12-26.
- Rochyani N, Utpalari RL, & Dahlianah I, 2020. Analisis Hasil Konversi Ekoenzim Menggunakan Nenas (*Ananas comosus*) dan Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Redoks*; 5(2): hal. 135-140.
- Rohmah NU, Astuti AP, & Maharani Endang TW, 2020. Organoleptic Test of The Ecoenzyme Pineapple Honey with Variations in Water Content. *Seminar Nasional Edusaintek: FMIPA UNIMUS 2020*; 408-414.
- Salvi SS & Kerker S, 2020. Application of Eco-Enzyme for Domestic Waste Water Treatment. *International Journal for Research in Engineering Application and Management (IJREAM)*; 5(11): 114-116.
- Samriti SS & Arti A, 2019. Garbage Enzyme: A Study on Compositional Analysis of Kitchen Waste Ferments. *The Pharma Innovation Journal*; 8(4): 1193-1197.
- Sari NS & Mursiti S, 2016. Isolasi Flavonoid dari Biji Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antibakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science*; 5(3): 178-183.
- Sholehah R & Agustini R, 2021. Lipase Biji-Bijian dan Karakteristiknya. *UNESA Journal of Chemistry*; 10(2): 168-183.
- Supriyani, Astuti AP, & Maharani ETW, 2020. Pengaruh Variasi Gula Terhadap Produksi Ekoenzim Menggunakan Limbah Buah Dan Sayur. *Prosiding Seminar Nasional Edusaintek*; 4: 470-479.
- Sidabutar EA, Sartimbul, A, & Handayani M, 2019. Distribusi Suhu, Salinitas, dan Oksigen Terlarut Terhadap Kedalaman Di Perairan Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek. *Journal of Fisheries and Marine Research (JFMR)*; 3(1): 46-52.
- Tang FE & Tong CW, 2011. A Study of The Garbage Enzyme's Effects in Domestic Wastewater. *International Journal of Environment, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*; 5: 887-892.
- Wang Z, Yu X, Li J, & Wang J, 2016. The Use of Biobased Surfactant Obtained by Enzymatic Syntheses for Wax Deposition Inhibition and Drag Reduction in Crude Oil Pipelines. *Journal Catalysts*; 6(5): 61.
- Widayati TW, Yudisai H, & Devara IKG, 2018. Sintesis Bio-nanosurfaktan sebagai Detergen Ramah Lingkungan dari Kombinasi Ekstrak Getah Pepaya (*Carica papaya* L) dan Daun Sengon (*Paraserianthes falcataria* L.). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*.
- Widiani N & Novitasari A, 2023. Produksi Dan Karakterisasi Eco-Enzim Dari Limbah Organik Dapur. *BIOEDUKASI Jurnal Pendidikan Biologi, Universitas Muhammadiyah Metro*; 14(1): 110-117.
- Widyastuti S, Ratnawati R, Sugito, Wiyarno Y, & Pungut, 2023. Eco Enzyme untuk Menurunkan Kadar Surfaktan, Nitrogen, dan Fosfat pada Air Limbah Laundry. *Jurnal Waktu*; 2(01): 10-18.

- Yudhistira AM & Muhammad M, 2020. Pengaruh Suhu dan pH Elektrokoagulasi terhadap Penurunan Kadar TSS dan COD pada Limbah Cair *Laundry*. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*. UPN Veteran Yogyakarta.
- Yusriah & Kuswytasari ND, 2013. Pengaruh pH dan Suhu Terhadap Aktivitas Protease *Penicilium* sp. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*; 2(1): 48-50.

Article History:

Received: 12 Agustus 2023

Revised: 29 Oktober 2023

Available online: 6 November 2023

Published: 31 Januari 2024

Authors:

Wahyu Safira Wulandari, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: wahyu.19029@mhs.unesa.ac.id

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

How to cite this article:

Wulandari WS, Winarsih W, 2024. Pengaruh Ekoenzim Berbagai Limbah Kulit Buah terhadap Penurunan Konsentrasi Surfaktan pada Air Limbah *Laundry*. *LenteraBio*; 13(1): 93-104.