

## Explorasi Potensi Mikrobium Bahan Pangan sebagai Biodetergent

<sup>1\*</sup> Prapti Sedijani, <sup>1</sup> Dewa Ayu Citra Rasmi, <sup>1\*</sup> Kusmiyati

<sup>1</sup> Pascasarjana, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62 Mataram, NTB, Indonesia

\*Corresponding Author e-mail: [praptisedijani@unram.ac.id](mailto:praptisedijani@unram.ac.id)

Received: April 2025; Revised: May 2025; Published: June 2025

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi daya cuci mikrobium dari bahan pangan lokal, menilai potensinya dalam mengurangi penggunaan detergen kimia, serta mengidentifikasi kemungkinan keberadaan enzim-enzim penting yang berperan dalam proses pembersihan. Mikrobium dari berbagai bahan pangan dikultur, dan supernatan ekstrak kasar (mengandung enzim) digunakan dalam uji pencucian dengan bahan pengotor berupa minyak zaitun. Pengukuran daya cuci didasarkan pada pengurangan residu minyak zaitun setelah proses pencucian. Efektivitas ekstrak kasar diuji pada tiga tingkat konsentrasi detergen: 0%, 0.5%, dan 1.0%, untuk mengevaluasi apakah mikrobium dapat mengurangi kebutuhan detergen kimiawi. Hasil menunjukkan bahwa mikrobium bahan pangan memiliki daya cuci signifikan, yang berbeda tergantung jenis bahan dan konsentrasi. Terdapat interaksi signifikan antara jenis bahan dan konsentrasi, yang menunjukkan bahwa efektivitas daya cuci tergantung pada kombinasi keduanya. Meskipun belum sepenuhnya menggantikan peran detergen, mikrobium bahan pangan menunjukkan potensi untuk meningkatkan efektivitas pencucian, terutama pada konsentrasi detergen rendah (0.5%). Uji aktivitas enzim menunjukkan bahwa mikrobium dari air kelapa memiliki aktivitas selulase, protease, dan amilase, sementara aktivitas lipase belum terdeteksi dalam uji ini.

**Kata Kunci:** Mikrobium, Bahan Pangan, Biodetergent.

## Exploring the Potential of Food Microbes as Biodetergents

### Abstract

This study aimed to evaluate the cleaning power of microbes from local food ingredients, assess their potential to reduce chemical detergent use, and identify the possible presence of important enzymes involved in the cleaning process. Microbes from various food ingredients were cultured, and the supernatant of the crude extract (containing enzymes) was used in a washing test using olive oil as the contaminant. The washing power was measured based on the reduction of olive oil residue after the washing process. The effectiveness of the crude extract was tested at three detergent concentrations: 0%, 0.5%, and 1.0%, to evaluate whether the microbes could reduce the need for chemical detergents. The results showed that the microbes from food ingredients had significant washing power, which varied depending on the type of food ingredient and concentration. There was a significant interaction between the type of food ingredient and concentration, indicating that the washing power effectiveness depended on the combination of the two. Although not yet completely replacing the role of detergent, the microbes from food ingredients showed potential to increase washing effectiveness, especially at low detergent concentrations (0.5%). Enzyme activity tests showed that the microbes from coconut water had cellulase, protease, and amylase activities, while lipase activity was not detected in this test.

**Keywords:** Microbes, Food Ingredients, Biodetergents.

**How to Cite:** Sedijani, P., Rasmi, D. A. C., & Kusmiyati. (2025). Explorasi Potensi Mikrobium Bahan Pangan sebagai Biodetergent. *Journal of Authentic Research*, 4(1), 404–412. <https://doi.org/10.36312/jar.v4i1.3064>



<https://doi.org/10.36312/jar.v4i1.3064>

Copyright© 2025, Sedijani et al.

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



## PENDAHULUAN

Aktivitas manusia sehari-hari menghasilkan limbah yang dibuang ke lingkungan, termasuk limbah deterjen. Akibatnya, lingkungan menghadapi beban yang semakin berat untuk mempertahankan keseimbangan ekosistem yang layak huni. Deterjen adalah salah satu kontributor utama karena digunakan hampir setiap hari oleh masyarakat, sehingga limbahnya terakumulasi secara masif.

Deterjen merupakan polutan serius. Limbah deterjen yang dibuang ke lingkungan berkontribusi terhadap pencemaran tanah dan air, termasuk menyebabkan eutrofikasi, perubahan pH, salinitas, serta gangguan terhadap ekosistem mikroba dan biota perairan. Deterjen umumnya mengandung sedikitnya lima komponen utama, seperti surfaktan, pengisi, bahan tambahan, dan penunjang. Di antara semuanya, surfaktan berperan besar dalam efek toksik. Meski ada klaim bahwa beberapa surfaktan bersifat aman, Badmus et al. (2021) menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi surfaktan dan produk degradasinya dapat mengganggu dinamika mikroba, proses biogeokimia, pertumbuhan tanaman, dan kesehatan organ manusia. Tingkat toksisitas surfaktan antara lain adalah: Tween 80 < Texapon N40 < Tween 60 < Texapon K1298 < Triton X100 < benzethonium chloride (Arechabala et al., 1999).

Komponen lain yang meresahkan adalah fosfat, yang mendorong pertumbuhan alga berlebih (algal bloom) hingga mengurangi oksigen terlarut dan menyebabkan kematian biota air. Fosfat juga dapat mencemari sumber air bersih melalui peresapan ke air tanah.

Sejalan dengan Rencana Induk Penelitian (RIP) Universitas Mataram, khususnya dalam tema Lingkungan dan Pariwisata, isu pencemaran deterjen bersinggungan dengan subtema save diversity, climate change, dan wisata pantai. Hilangnya organisme fotosintetik di perairan akibat deterjen berdampak terhadap suplai oksigen dan peningkatan suhu akibat akumulasi CO<sub>2</sub>.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi dampak negatif deterjen, antara lain dengan sistem filtrasi ganda (double membrane) yang mampu mengurangi dampak hingga 50% (Giagnario et al., 2017), serta reformulasi bahan aktif deterjen dengan senyawa yang lebih ramah lingkungan (Arthur et al., 2012). Bahkan, produk biodeterjen berbasis enzim telah berkembang sejak 1913, menggabungkan enzim seperti lipase, amilase, protease, dan selulase. Penambahan ekstrak kasar enzim lipase dari fungi alpukat misalnya, dapat meningkatkan daya bersih cucian dari 52% menjadi 74% (Sedijani et al., 2021).

Produk yang lebih inovatif, Microbial-Based Cleaning Products (MBCPs), memanfaatkan mikroba hidup untuk mencerna pengotor dan mengurangi bau (Subasinghe et al., 2018). MBCPs juga bertindak sebagai kompetitor bagi patogen (Vandini et al., 2014) dan memiliki potensi untuk menggantikan pembersih kimia (Kümmerer, 2001), meskipun masih perlu diteliti lebih lanjut terkait keamanan, metode penggunaan, dan sumber mikroba (Maestra et al., 2021).

Mikrobium, yaitu kumpulan mikroorganisme dalam satu organisme, juga dimiliki oleh bahan pangan yang umum dikonsumsi masyarakat. Mengingat konsumsi bahan pangan tersebut umumnya aman, maka mikrobium-nya dianggap tidak menimbulkan risiko signifikan bagi manusia. Enzim metabolisme

primer seperti lipase, protease, dan amilase umumnya terdapat pada mikrobium ini, bahkan dalam kombinasi yang lebih lengkap dibandingkan mikroba monokultur.

Dengan mempertimbangkan keamanan, ketersediaan, biaya rendah, serta potensi enzimatis yang luas, mikrobium dari bahan pangan berpotensi menjadi alternatif agen pembersih ramah lingkungan. Pemanfaatannya sebagai sumber enzim pembersih tidak hanya menjanjikan efektivitas dalam menghilangkan pengotor, namun juga mengurangi ketergantungan terhadap detergen kimiawi.

Penelitian ini berfokus pada penggunaan enzim ekstrak kasar dalam medium fermentasinya dan kemungkinan besar bersama mikrobiumnya disaring dengan kertas saring biasa.

## METODE

Penelitian ini termasuk dalam jenis eksploratif, dengan tujuan untuk mengetahui potensi mikrobium dari bahan pangan sebagai biodetergen. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium FKIP Universitas Mataram, dan dibagi menjadi lima tahap utama:

- 1) Menumbuhkan mikrobium dari bahan pangan dalam medium cair dan memanen ekstrak kasar enzim beserta mikrobiumnya dengan cara menyaring dengan kertas saring kasar.
- 2) Melakukan uji daya cuci dari ekstrak kasar enzim terhadap minyak zaitun, dengan 3 perlakuan: tanpa penambahan detergent, dengan penambahan 0.5 atau 1% detergent. Ketiga perlakuan tersebut disamping bisa melihat variasi daya cuci antar jenis bahan pangan, juga melihat
- 3) Menguji aktivitas enzim lipase, protease, amilase, dan selulase dari ekstrak kasar

### 1. Menumbuhkan Mikrobium dan Memanen Ekstrak Kasar Enzim

Bahan pangan yang digunakan sebagai sumber mikrobium antara lain: mangga, sawo, avokado, air kelapa, kersen dan sari tebu dan air kran sebagai kontrolnya. Mikrobium diperoleh dengan cara memblender bahan pangan, kemudian sebanyak 1 gram hasil blenderan dimasukkan ke dalam 50 mL medium cair (baik LB pH 7.0 maupun infus kentang yang disiapkan dari 200 gram kentang/L). Medium kemudian disaring dan dimasukkan ke dalam wadah 150 mL.

Ekstrak kasar/Filtrat diperoleh dari hasil fermentasi mikrobium bahan pangan dalam medium cair. Setelah inkubasi selama 72 jam dalam shaker pada suhu ruang, kultur disaring menggunakan kertas saring biasa (Whatman No. 1 atau setara) dengan tujuan menghilangkan partikel kasar dan debris.

Penyaringan ini tidak dimaksudkan untuk mensterilkan atau memisahkan sel mikroba secara penuh, melainkan mempertahankan mikrobium aktif beserta senyawa metabolit dan enzim yang dihasilkan selama fermentasi. Dengan demikian, filtrat yang digunakan dalam pengujian mengandung mikrobium hidup, enzim ekstraseluler, dan kemungkinan senyawa bioaktif lain yang berkontribusi terhadap daya pembersih.

Pendekatan ini diambil berdasarkan pertimbangan bahwa banyak enzim penting dalam biodegradasi (seperti lipase dan protease) tidak sepenuhnya tersirkulasi ke luar sel secara bebas, serta adanya kemungkinan kontribusi sinergis

dari sel mikroba hidup dan metabolit fermentatif dalam proses pembersihan.

## 2. Uji Daya Cuci Ekstrak Kasar Enzim

Uji dilakukan menggunakan potongan kain katun ukuran 5×5 cm. Kain direndam dalam kloroform selama 5 menit, kemudian dikering-anginkan semalaman pada suhu ruang. Setelah kering, kain ditimbang (Wa).

Minyak zaitun dilarutkan dalam aseton (100 µL/mL), lalu diteteskan sebanyak 1 µL pada kedua sisi kain. Kain kemudian ditimbang kembali (Wb).

Uji efektivitas ekstrak kasar dalam mengurangi kebutuhan detergen kimia. Ekstrak kasar 100% digunakan dengan penambahan detergen pada tiga konsentrasi: 0%, 0.5%, dan 1% (w/v). Kain direndam selama 1 jam pada larutan perlakuan pada suhu ruang dengan agitasi 180 rpm, lalu dikering-anginkan semalaman. Setelah kering, kain ditimbang (Wc). Daya cuci dihitung menggunakan rumus Layly & Nita (2016):

$$\text{Daya Cuci (\%)} = ((Wb - Wc) / (Wb - Wa)) \times 100$$

## 3. Identifikasi Kualitatif Aktivitas Enzim pada Ekstrak Kasar

Uji ini bertujuan untuk mengetahui jenis enzim yang disintesis oleh mikrobium dari setiap bahan pangan. Enzim yang diuji meliputi: Lipase, Protease, Amilase, dan selulase. Keempat uji dilakukan secara kualitatif dalam cawan petri yang telah disuplementasi substrat spesifik masing-masing enzim. Sebanyak 100 µL ekstrak kasar/filtrat enzim diteteskan ke sumuran pada media, lalu diinkubasi selama 24 jam. Zona bening yang terbentuk dibandingkan dengan kontrol media yang ditetes air tanpa mikrobium (NA segar).

# HASIL DAN PEMBAHASAN

## Hasil Penelitian

### Implikasi Penggunaan Mikrobium Hidup dalam Penelitian Ini

Dalam penelitian ini, ekstrak kasar dari hasil fermentasi mikrobium bahan pangan disaring menggunakan kertas saring biasa untuk menghilangkan debris kasar, namun tetap mengandung mikrobium aktif beserta metabolit yang dihasilkannya. Pendekatan ini berbeda dengan rencana awal yang hanya menggunakan enzim ekstraseluler hasil sekresi.

Keputusan untuk tetap menggunakan medium yang mengandung mikrobium didasarkan pada pertimbangan bahwa tidak seluruh enzim bersifat ekstraseluler dan aktif dalam filtrat bening. Beberapa aktivitas enzimatik, seperti lipase, protease, maupun enzim lain yang berperan dalam proses degradasi pengotor, mungkin tetap berada di dalam sel atau bekerja secara sinergis dengan metabolit dan komponen seluler lainnya.

Implikasi dari pendekatan ini adalah bahwa daya cuci yang diperoleh mencerminkan efek gabungan antara mikrobium hidup, enzim-enzim aktif yang telah disekresikan, dan senyawa bioaktif hasil fermentasi. Oleh karena itu, hasil yang ditunjukkan bukan semata-mata akibat aktivitas enzim murni, melainkan representasi dari potensi nyata mikrobium bahan pangan sebagai agen pembersih berbasis hayati.

Penelitian lanjutan dapat mengkaji lebih dalam kontribusi masing-masing fraksi (enzim bebas, mikrobium hidup, dan metabolit) dengan pemisahan yang lebih spesifik, seperti filtrasi mikro (0,22 µm) atau fraksionasi enzimatik, untuk menentukan peran dominan dalam daya pembersih yang diamati.

### Daya Cuci Ekstrak Kasar Mikrobium terhadap Minyak Zaitun

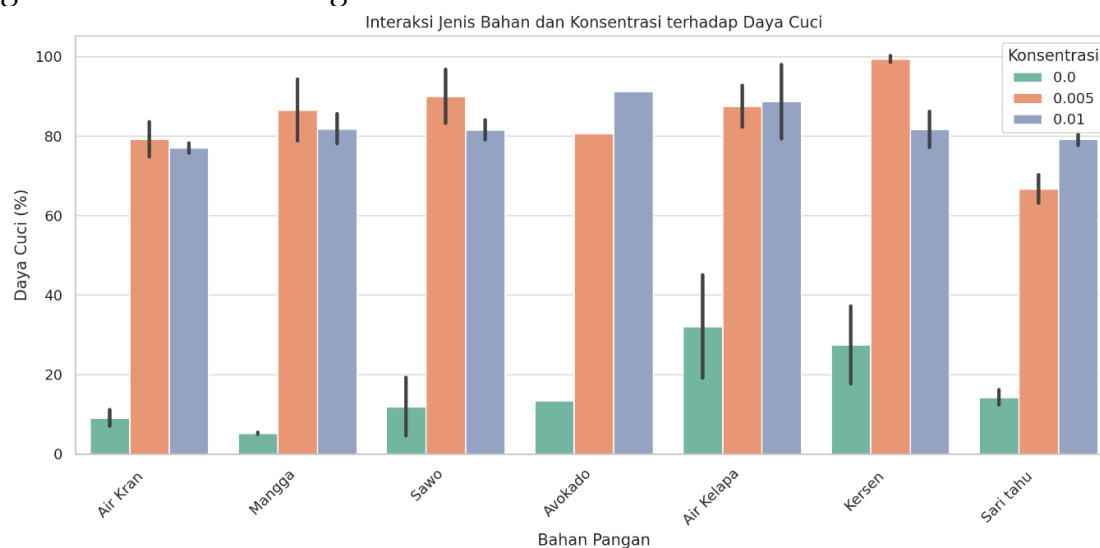
Hasil pengukuran daya cuci mikrobium dari berbagai bahan pangan disajikan pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Hasil pengukuran daya cuci mikrobium

	0%	0.50%	1%
Air Kran	12	74.51	76.09
	7.88	78.05	78.75
	7.32	85.11	76.19
	5.53	95.12	78.21
Mangga	5.00	74.00	78.26
	5.26	87.88	84.00
	5.00	89.13	86.96
	4.49	100.00	81.58
Sawo	5.00	90.70	85.42
	17.21	80.95	78.57
	20.93	88.37	80.49
	13.46	80.56	91.18
Avokado	32.04	88.00	100.00
	16.22	80.85	77.14
	48.00	93.59	88.89
	16.22	100.00	77.50
Air Kelapa	26.09	100.00	88.00
	40.00	98.15	79.55
	12.00	64.52	77.55
	16.67	63.93	78.72
Kersen	14.03	71.70	81.25
Sari tahu			

Adapun rerata dan standard deviasi dari masing-masing kelompok, disajikan pada Tabel 2. Tabel ini menunjukkan kemampuan masing-masing sampel serta respon sample dalam konsentrasi detergent.

Tabel 1 menyajikan rata-rata dan simpangan baku daya cuci tiap bahan pada tiga tingkat konsentrasi detergent:



**Gambar 1.** Grafik Daya Cuci

Data menunjukkan bahwa beberapa bahan seperti air kelapa dan buah kersen memberikan nilai daya cuci yang tinggi, sementara bahan lain seperti air kran (kontrol) atau mangga menunjukkan nilai yang lebih rendah.

Sebelum dilakukan uji ANOVA, data diuji terlebih dahulu terhadap asumsi normalitas dan homogenitas varians. Normalitas data diuji dengan menggunakan Uji Shapiro-Wilk, sedang untuk melihat homogenitas data dilakukan dengan Uji Levene. Adapun hasil uji Uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa sebagian besar kombinasi perlakuan memiliki distribusi normal ( $p > 0,05$ ). Seding Uji Levene dengan hasil menunjukkan bahwa variansi antar grup homogen ( $p = 0,137 > 0,05$ ). Dengan demikian, data memenuhi syarat untuk dilakukan Two-Way ANOVA.

Adapun hasil two Way ANOVA disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Analysis Two-way ANOVA daya cuci mikrobium bahan pangan

Faktor	F-value	p-value	Keterangan
Jenis bahan (Treatment)	7.67	0.0000134	Signifikan *
Konsentrasi detergen	661.41	< 0.000001	Sangat signifikan *
Interaksi bahan × konsentrasi	3.09	0.0033	Signifikan *

Uji statistic menunjukkan bahwa daya cuci ekstrak kasar/filtrat dari mikrobium berbagai bahan pangan mampu menghilangkan minyak zaitun dari permukaan kain dengan efektivitas yang berbeda-beda. Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan daya cuci yang bergantung pada jenis bahan pangan ( $p=0.000$ ) dan konsentrasi detergen yang digunakan ( $p=0.000$ ) serta terdapat interaksi yang significant antara jenis bahan pangan dengan konsentrasi detergent ( $p=0.003$ ).

Uji lanjut Tukey HSD dilakukan untuk melihat perbedaan antar perlakuan secara detail. Hasil Uji ini menunjukkan bahwa mikrobium dari berbagai bahan Pangan memiliki daya cuci yang berbeda sesuai dengan jenis bahan masing-masing. Buah kersen dan air kelapa memiliki daya cuci tertinggi secara signifikan dibanding sebagian besar bahan lainnya. Sedangkan beberapa bahan memiliki perbedaan yang tidak signifikan, seperti antara mangga dan air kran, menunjukkan daya cuci yang cenderung rendah.

Daya cuci mikrobium bahan pangan ini juga berperilaku berbeda terhadap konsentrasi detergent yang berbeda. Tanpa penambahan detergent masing-masing bahan menunjukkan variasi antar jenis bahan. Demikian pula daya cuci jika ditambahkan detergent baik dalam konsentrasi yang sama maupun konsentrasi yang berbeda. Terdapat peningkatan yang signifikan dari konsentrasi 0% ke 0.5%, dan 0% ke 1%. Sedangkan perubahan penambahan konsentrasi detergent dari 0.5% menjadi 1%, tidak diikuti dengan peningkatan daya cuci hampir disemua bahan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan 0.5% detergen sudah cukup optimal saat dikombinasikan dengan ekstrak enzim/filtrat (Tabel 1).

### Enzim Penting untuk Biodetergent dalam Filtrat mikrobium Bahan Pangan



**Gambar 2.** Aktivitas selulolitik dan amilolitik mikrobium bahan pangan

Dari Gambar 2, dapat diketahui bahwa EKMBP memiliki aktivitas selulolitik dan amilolitik yang jelas, meskipun hanya bahan pangan tertentu saja, yakni air kelapa, avokado dan kacang tanah. Sedangkan aktivitas protease sangat rendah hanya sangat tipis disekeliling ckrum, kecuali cakram yang direndam pada EKMBP air kelapa yang terlihat zona bening lebih besar. Aktivitas lipase tidak terlihat, kemungkinan aktivitas terlalu kecil atau penggunaan substrat yang terlalu banyak dan medium agar terlalu tebal.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak kasar mikrobium dari beberapa bahan pangan mampu meningkatkan daya cuci secara signifikan. Air kelapa dan buah kersen menunjukkan efektivitas paling tinggi, yang kemungkinan berkaitan dengan keragaman enzim hidrolitik yang dimiliki oleh mikrobium di dalamnya.

Fakta bahwa penambahan detergen 0.5% tidak berbeda secara signifikan dengan 1% menunjukkan potensi penggunaan ekstrak mikrobium untuk mengurangi ketergantungan terhadap detergen kimiawi. Efisiensi ini penting dalam konteks pengurangan polusi lingkungan yang disebabkan oleh deterjen. Keberadaan enzim seperti protease, amilase, dan selulase pada mikrobium air kelapa mendukung kemampuannya dalam menghilangkan pengotor kompleks, meskipun aktivitas lipase belum dapat terdeteksi secara meyakinkan. Adanya daya cuci yang significant dari mikrobium bahan pangan dalam mengurangi minyak dari kain menarik untuk didiskusikan berhubung justru aktivitas lipase sendiri belum terlihat secara jelas yang (mungkin karena human error atau bisa juga memang belum menunjukkan aktivitasnya) namun dari penelitian Sedijani et al (2022), didapatkan isolate yang mempunyai aktivitas lipase alkalin yang kuat. Untuk itu mengenai aktifitas lipase pada penelitian ini perlu verifikasi ulang.

Meskipun aktivitas lipase belum terdeteksi dalam uji kualitatif, hasil menunjukkan bahwa ekstrak kasar mikrobium tetap memiliki daya cuci signifikan terhadap minyak zaitun. Hal ini dapat dijelaskan oleh kemungkinan peran enzim lain seperti protease dan amilase yang turut membantu melepaskan pengotor dengan cara menguraikan matriks pengikat atau mengubah karakteristik permukaan (Anandan et al., 2007; Aehle, 2004).

Selain itu, beberapa mikroorganisme diketahui menghasilkan biosurfaktan alami seperti lipopeptida dan glycolipid, yang secara efektif menurunkan tegangan permukaan dan meningkatkan emulsifikasi minyak (Banat et al., 2010; Ron & Rosenberg, 2001).

Dengan demikian, kemampuan ekstrak mikrobium dalam membersihkan minyak tidak semata-mata bergantung pada aktivitas lipase, tetapi juga dapat berasal dari efek sinergis berbagai komponen bioaktif yang dihasilkannya. Secara keseluruhan, hasil ini mendukung gagasan bahwa mikrobium bahan pangan dapat digunakan sebagai sumber biodetergen ramah lingkungan, meskipun efektivitasnya perlu terus ditingkatkan untuk mencapai efisiensi maksimal.

## KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa: Mikrobium dari bahan pangan tertentu memiliki potensi sebagai agen biodetergen, dengan daya cuci yang bervariasi tergantung jenis bahan yang digunakan. Kombinasi antara mikrobium bahan pangan dan detergen menunjukkan peningkatan efektivitas daya cuci dibandingkan penggunaan detergen saja. Beberapa bahan pangan juga menunjukkan aktivitas enzimatis penting yang relevan untuk aplikasi biodetergen, seperti protease, amilase, dan selulase. Selain itu, penggunaan detergen pada konsentrasi 0,5% memberikan hasil daya cuci yang tidak berbeda signifikan dibandingkan konsentrasi 1%, sehingga berpotensi mengurangi penggunaan detergen kimiawi.

## REKOMENDASI

Media pembelajaran berbasis audio visual yang dikembangkan dalam penelitian ini direkomendasikan untuk diadopsi oleh guru Biologi sebagai alternatif media pembelajaran, khususnya untuk materi abstrak seperti sistem peredaran darah, dengan mengikuti pelatihan singkat penggunaan *Articulate Storyline 3*. Untuk memperluas akses dan efektivitas pembelajaran digital, media ini sebaiknya diintegrasikan ke dalam platform Learning Management System (LMS). Penelitian selanjutnya disarankan untuk menyempurnakan fitur petunjuk penggunaan, memperkaya konten, serta menguji efektivitas media dalam jangka waktu yang lebih panjang dengan cakupan subjek yang lebih luas.

## REFERENSI

- Aehle, W. (2004). *Enzymes in Industry: Production and Applications*. Wiley-VCH.
- Anandan, S., et al. (2007). Application of microbial enzymes in detergents. In *Industrial Enzymes* (pp. 373–392). Springer
- Arechabala, B., Coiffard, L. J. M., Rivalland, P., & Coiffard, C. (1999). Comparison of cytotoxicity of various surfactants tested on normal human fibroblasts cultured in vitro. *Cell Biology and Toxicology*, 15(3), 143–151. <https://doi.org/10.1023/A:1007065824564>
- Badmus SO, Amusa HK, Oyehan TA, Saleh TA. Environmental risks and toxicity of surfactants: overview of analysis, assessment, and remediation techniques. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2021 Nov;28(44):62085–62104. doi:



- 10.1007/s11356-021-16483-w. Epub 2021 Sep 29. PMID: 34590224; PMCID: PMC8480275.
- Banat, I. M., et al. (2010). Microbial biosurfactants production, applications and future potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 87(2), 427–444.
- Giagnorio, Mattia, Amelio Antonio, Grüttner H, Tiraferri A (2017). Environmental impacts of detergents and benefits of their recovery in the laundering industry. *Journal of Cleaner Production*. 54(15) 2017: 593-601
- Kümmerer, K. (2001). Detergents and the environment. *The Lancet*, 358(9288), 344–345.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(01\)05408-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(01)05408-1)
- La Maestra S, D'Agostini F, Geretto M, Micale RT. Microbial-based cleaning products as a potential risk to human health: A review. *Toxicol Lett*. 2021 Dec 15;353:60-70. doi: 10.1016/j.toxlet.2021.09.013. Epub 2021 Oct 6.
- Mulligan, C. N. (2005). Environmental applications for biosurfactants. *Environmental Pollution*, 133(2), 183–198. PMID: 34626814
- Ron, E. Z., & Rosenberg, E. (2001). Natural roles of biosurfactants. *Environmental Microbiology*, 3(4), 229–236. <https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2001.00190.x>
- Sedijani, P., Rasmi, D.A.C., Kusmiyati, K., & Anggriani, R.A. (2021). Powerful Lipolytic Activity of Fungi Isolated from Coconut and Avocado Flesh on Different pH and Temperature. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(SpecialIssue), 365–369.  
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v7iSpecialIssue.1261>
- Subasinghe, R.M., A.D., Samarajeewa, M., Meier, G., Coleman, H., Clouthier, J., Crosthwait, A.F., Tayabali, R., Scroggins, P.S., Shwed, L.A and Beaud, E. Bacterial and fungal composition profiling of microbial based cleaning products. *Food and Chemical Toxicology*. Volume 116, Part A, June 2018, Pages 25-31
- T. Arthur et al. (2012). Effects-driven chemical design: the acute toxicity of CO 2-triggered switchable surfactants to rainbow trout can be predicted from octanol- water partition coefficients, *Green Chem*.
- Vandini A, Temmerman R, Frabetti A, Caselli E, Antonioli P, Balboni PG, Platano D., Branchini A, Mazzacane S (2014) Hard Surface Biocontrol in Hospitals Using Microbial-Based Cleaning Products. *PLOS One* 9: 1–13.