

Determination of organic content and the use of eco-enzyme solutions in reducing organic levels in water samples from Cukuh Raya Beach, Kaur Regency, Bengkulu Province, Indonesia

Noni Noviana^{1*}, Henny Johan¹, Afrizal Mayub¹, Nurhamidah², M. Lutfi Firdaus¹

¹Magister Pendidikan IPA, FKIP Universitas Bengkulu, Jl. W.R. Supratman, Bengkulu 38371A, Indonesia

²Pendidikan Kimia, FKIP Universitas Bengkulu, Indonesia

*Corresponding author: noninoviana52@gmail.com

Received: 26 March 2024 – Revised: 9 April 2024 – Accepted: 15 April 2024

ABSTRACT: Cukuh Raya Beach coastal water is potentially polluted by organic materials from shrimp ponds. The purpose of this study was to determine the content of organic materials (ammonia [NH₃], nitrate [NO₃], phosphate [PO₄], and fatty oil) discharged into the coastal waters and to examine the role of eco-enzymes in reducing the organic material levels. Two points of sampling were selected, i.e., 10 and 100 m from the pipeline outfall discharge of shrimp ponds. An experiment was carried out to compare the level of organic content before and after the eco-enzyme solutions were given. Sampling and technique analysis of seawater were done following the Indonesian National Standards. The data were analysed using the Indonesian quality standards for marine biota and the pollution index. The results showed that seawater samples from the coast contained organic waste, with the highest levels at 10 m from the outfall. The level of organic content decreased after the addition of eco-enzyme solutions. The conclusion is that the organic materials (ammonia, nitrate, phosphate, and fatty oil) were found in water samples in the waters of Cukuh Raya Beach and were moderately polluted by ammonia (NH₃). The addition of an eco-enzyme solution can reduce the concentration of organic materials.

Keywords: shrimp ponds; organic waste; eco-enzyme; marine pollution; Cukuh Raya Beach

PENDAHULUAN

Kabupaten Kaur, yang memiliki garis pantai sepanjang 106,6 Km, merupakan salah satu wilayah sentra budidaya tambak udang yang ada di Provinsi Bengkulu. Di Tahun 2022, Dinas Perikanan Kabupaten Kaur melaporkan, bahwa udang vaname (udang hasil tambak) merupakan hasil produksi perikanan terbanyak dari daerah ini. Hal ini mengakibatkan sebagian besar peningkatan perekonomian kabupaten ini didominasi oleh hasil tambak udang.

Tambak udang, selain menguntungkan dari segi ekonomi, dapat juga memberikan kerugian, seperti menurunnya mutu lingkungan perairan. Menurut Malingas *et al.* (2019) melaporkan, bahwa budidaya perikanan dapat menurunkan kualitas sumber daya pesisir, selain menguntungkan dari segi ekonomi. Menurunnya lingkungan perairan berpotensi diakibatkan oleh sistem pengelolaan budidaya tambak udang yang kurang bijaksana (Tohari *et al.*, 2020). Jika limbah tambak dibuang ke luar daerah tambak tanpa dikelola terlebih dahulu, maka dapat mencemari lingkungan, terutama perairan (Putri *et al.*, 2022). Limbah tambak ini berasal dari limbah organik sisa pakan dan hasil ekskresi metabolit seperti kotoran udang (feses), yang mengandung senyawa nitrogen dan amonia. Selain itu, jika terlarut di dalam perairan, maka dapat meningkatkan

konsentrasi amonia yang bisa menyebabkan keracunan bagi biota di perairan (Murti and Purwanti, 2014).

Beberapa penelitian telah membuktikan limbah tambak udang, yang dibuang ke perairan, dapat menyebabkan parameter lingkungan perairan, seperti COD, konsentrasi oksigen terlarut, BOD, amonia, dan fosfat, melebihi baku mutu sehingga perairan tercemar (Muqsih, 2014; Dwitasari and Mulasari, 2017). Dampak lingkungan perairan lainnya dapat juga terjadi, misalnya terjadinya eutrofikasi (Hamuna *et al.*, 2018) dan munculnya ganggang yang berbahaya (*harmful algal blooms*) (Paena *et al.*, 2017). Hal ini dapat mengurangi konsentrasi oksigen dalam perairan dan selanjutnya dapat mengakibatkan mortalitas biota perairan.

Dalam upaya untuk memperbaiki lingkungan tercemar, khususnya pencemaran yang disebabkan oleh limbah organik, pemberian larutan *eco-enzyme* merupakan suatu teknik alternatif (Hemalatha and Visantini, 2020). Larutan *eco-enzyme* mengandung enzim protease, amilase, dan lipase yang dapat mendegradasi nutrisi berupa protein, karbohidrat, dan minyak di perairan (Kumar *et al.*, 2019; Widiyastuti *et al.*, 2023). Selain itu, teknik ini telah diklaim ramah lingkungan, karena berasal dari fermentasi limbah sayuran dan buah serta mengurangi pemanasan global karena menghasilkan gas ozon (Faj'ria *et al.*, 2023). Menurut Wikaningrum and El Dabo (2022), penggunaan larutan *eco-enzyme* sebagai solusi dalam mengatasi pencemaran air akibat

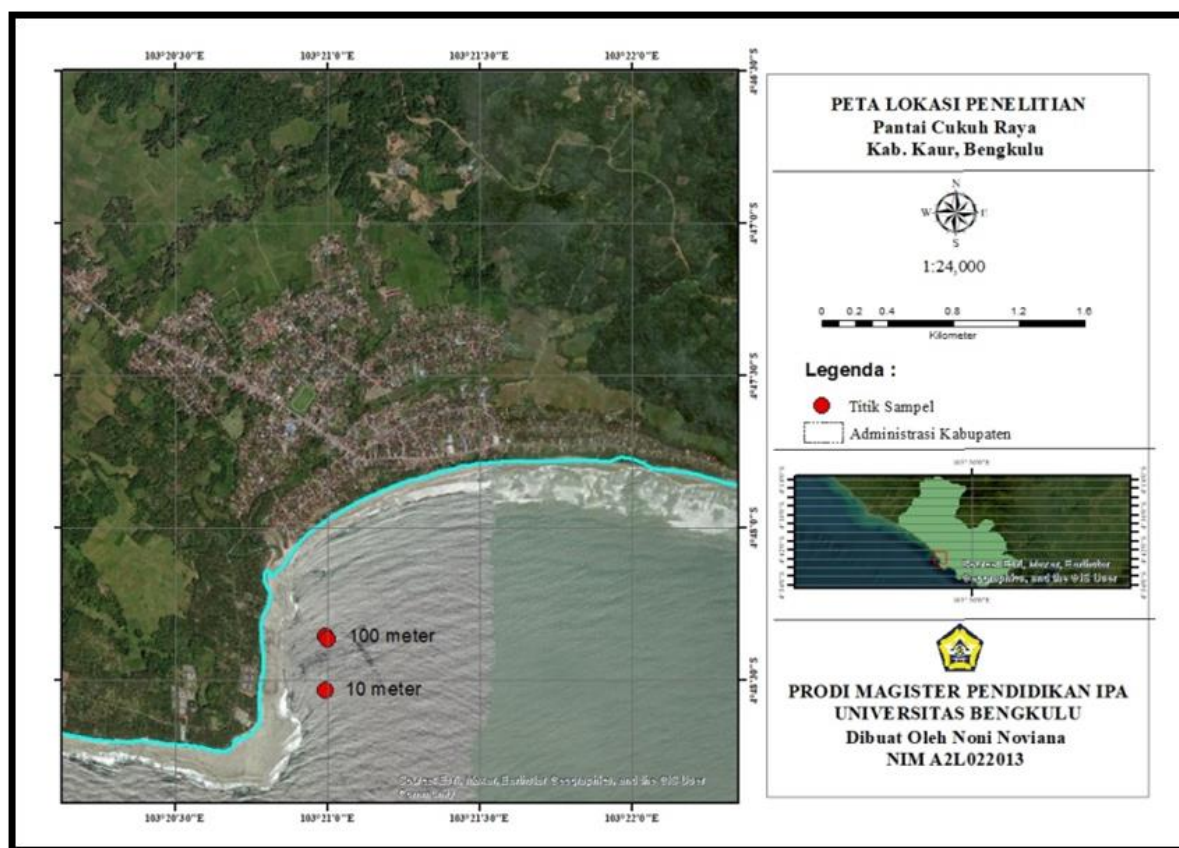


Figure 1. Sampling sites at Cukuh Raya Beach, Kaur Regency, Bengkulu Province, Indonesia.

limbah dapat dijadikan sebagai teknologi rekayasa yang berkelanjutan.

Di salah satu lokasi tambak udang di Kabupaten Kaur, di Pantai Cukuh Raya, terdapat pipa buangan limbah kegiatan tambak udang yang menuju ke perairan, yang diduga dapat mengakibatkan dampak lingkungan di perairan sehingga perairan menjadi berbau tidak sedap, keruh, dan berminyak. [Fitriana et al. \(2022\)](#) mengatakan, tercemarnya perairan akibat limbah organik berdampak kepada masyarakat, yaitu bau limbah yang tidak sedap, meningkatnya populasi nyamuk yang dapat mengancam kesehatan, dan rusaknya ekosistem pesisir. Oleh karena itu, berdasarkan situasi dan kondisi yang ada, perairan pantai tersebut berpotensi tercemar oleh limbah organik dari kegiatan tambak udang di daerah itu. Sehubungan dengan hal itu, maka penelitian ini dilakukan, yang bertujuan untuk menganalisis kandungan buangan limbah organik dari tambak udang tersebut, menguji penggunaan larutan *eco-enzyme* dalam menurunkan konsentrasi bahan organik yang terkandung di dalam buangan limbah, dan menilai status pencemaran perairan Pantai Cukuh Raya di sekitar kegiatan tambak udang.

MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan dalam rentang waktu 2 bulan (17 Desember 2023 sampai dengan 17 Februari 2024). Parameter limbah organik yang diukur adalah amonia (NH_3), nitrat (NO_3), fosfat (PO_4), dan minyak lemak. Pengambilan sampel limbah dilakukan menggunakan sampel air (berdasarkan SNI

6964.8.2015; menggunakan 12 botol kaca; sebanyak 500 mL) di zona litoral perairan Pantai Cukuh Raya, di Kabupaten Kaur, Provinsi Bengkulu, dengan tiga kali pengulangan. Pengambilan sampel dibagi menjadi dua titik yang ditentukan berdasarkan jarak dengan pipa buangan tambak udang, yaitu 10 m dan 100 m (Figure 1).

Konsentrasi limbah organik dianalisis menggunakan metode standar, yaitu amonia menggunakan metode Spektrofotometer secara Fenat (SNI 06-6989.30-2005), nitrat dengan metode spektrofotometer secara brusin sulfat (SNI 06-2480-1991), fosfat dengan metode spektrofotometer secara asam askorbat (SNI 06-2480-1991), dan minyak lemak secara gravimetri (SNI 06-6989 10-2004). Analisis dilakukan di Laboratorium Biologi, Universitas Bengkulu.

Hasil analisis dibandingkan dengan aturan baku mutu yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (KepmenLH) Nomor 51, tahun 2004, tentang Baku Mutu Air Laut. Selain itu, dengan menggunakan parameter limbah organik, status pencemaran perairan di lokasi penelitian ditentukan menggunakan Indeks Pencemaran menurut KepmenLH Nomor 115, tahun 2003, tentang Penetapan Status Mutu Air. Indeks Pencemaran dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{ij} = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}}$$

Keterangan:

Li : Konsentrasi parameter kualitas air dalam baku mutu peruntukan air (j)

Table 1

Ammonia (NH₃) concentration (mg/L ± standard deviation) and addition of eco-enzyme solutions to water sample from Cukuh Raya Beach, Kaur Regency, Bengkulu Province, Indonesia

Eco-enzyme addition (%)	Distance from the outfall discharge		Indonesian Quality Standards (Regulations of the Minister of Environment, Number 51, 2004)
	10 m	100 m	
0 (control)	0.93 ± 0.89	0.78 ± 0.68	0.3 (mg/L)
2	0.55 ± 0.49	0.55 ± 0.48	
5	0.44 ± 0.38	0.51 ± 0.44	

Table 2

Nitrate (NO₃) concentration (mg/L ± standard deviation) and addition of eco-enzyme solutions to water sample from Cukuh Raya Beach, Kaur Regency, Bengkulu Province, Indonesia

Eco-enzyme addition (%)	Distance from the outfall discharge		Indonesian Quality Standards (Regulations of the Minister of Environment, Number 51, 2004)
	10 m	100 m	
0 (control)	1.09 ± 0.92	0.135 ± 0.12	0.008 (mg/L)
2	0.30 ± 0.29	0.00 ± 0.00	
5	0.124 ± 0.27	0.00 ± 0.00	

Ci : Konsentrasi parameter kualitas air hasil survey

PIj : Indeks pencemaran bagi peruntukan (j)

(Ci/Lij)M : Nilai Ci/Lij Maksimum

(Ci/Lij)R : Nilai Ci/Lij Rata-rata

Kriteria tingkat ketercemaran yang digunakan, yaitu:

0 ≤ PIj ≤ 1,0 : Memenuhi baku mutu (kondisi baik)

1,0 < PIj < 5,0 : Tercemar ringan

5,0 < PIj ≤ 10 : Tercemar sedang

PIj > 10 : Tercemar berat

Pengujian penggunaan larutan *eco-enzyme* dilakukan pada sampel air yang sama dengan pengukuran konsentrasi limbah organik dengan pemberian larutan sebanyak 2% dan 5%; 0% dijadikan sebagai kontrol. Sampel air yang telah diberi larutan diinkubasi dalam suhu ruang selama 24 jam. Pembuatan larutan *eco-enzyme* untuk pengujian dilakukan dengan cara memfermentasikan campuran air, sampah organik (kulit buah dan sayuran), dan gula dengan perbandingan 3:1:10. Sampah organik yang digunakan untuk membuat larutan ini adalah sampah yang masih segar dan belum membusuk. Fermentasi dilakukan selama 3 bulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Amonia (NH₃)

Table 1 menampilkan konsentrasi amonia di lokasi penelitian. Hasil tersebut menunjukkan, bahwa perairan tersebut tercemar oleh amonia. Hal ini dapat dilihat dari sampel air kontrol (*eco-enzyme* 0%) di mana memiliki konsentrasi amonia yang melebihi baku mutu menurut KemenLH No. 51, tahun 2004. Selain itu, konsentrasi amonia pada sampel air dari lokasi pengambilan berjarak 10 m dari pipa buangan tambak udang lebih tinggi dari yang berjarak 100 m. Hal ini menunjukkan, semakin dekat dengan pipa buangan limbah, maka semakin besar terjadinya kontaminasi. Hasil ini juga membuktikan, bahwa limbah buangan tambak

udang dapat menghasilkan amonia. Hasil ini sejalan dengan penelitian [Murti and Purwanti \(2014\)](#) yang melaporkan, bahwa limbah tambak udang dapat meningkatkan konsentrasi amonia yang dibuang ke perairan.

Amonia merupakan senyawa nitrogen yang umumnya ada pada limbah. Senyawa ini dapat bersifat toksik di perairan, jika jumlahnya berlebihan. Faktor yang menyebabkan konsentrasi amonia menjadi tinggi dan melebihi baku mutu adalah adanya unsur nitrogen organik dan anorganik dalam limbah ([Aini and Parmi, 2022](#)).

Kandungan Nitrat (NO₃)

Table 2 menampilkan konsentrasi nitrat di lokasi penelitian. Nampak, konsentrasinya dalam sampel air kontrol (*eco-enzyme* 0%) berjarak 10 m dari lokasi buangan lebih tinggi dari yang berjarak 100 m. Perbedaan ini menunjukkan, semakin dekat dengan posisi buangan limbah maka semakin besar kemungkinan terjadinya kontaminasi oleh nitrat. Tingkat konsentrasi dari kedua lokasi tersebut melebihi baku mutu menurut KemenLH, No. 51, 2004 (0,008 mg/L). Jika perairan tercemar oleh nitrat dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi di perairan, yang dapat merangsang pertumbuhan alga dan tumbuhan air secara pesat (*blooming*) ([Effendi, 2003](#)).

Nitrat merupakan salah satu bahan yang terkandung di dalam limbah organik dari tambak udang, yang berasal dari perombakan bahan organik sisa pakan yang tidak dimakan, feses, limbah metabolik berupa amonia, dan urea ([Prasetyono et al., 2022](#)). Bahan ini juga berperan sebagai salah satu parameter kualitas perairan yang berhubungan erat dengan keberadaan biota dan tumbuhan ([Prasetyono et al., 2022](#)). Selain itu, bahan ini berperan sebagai makronutrien bagi fitoplankton dalam perairan air laut ([Firdaus, 2018](#)). Tetapi, konsentrasinya yang berlebihan dalam perairan dapat merangsang pertumbuhan dan perkembangan biota, karena kelebihan ketersediaan nutrisi ([Hamuna et al., 2018](#)).

Kandungan Fosfat (PO₄)

Table 3 menampilkan konsentrasi fosfat (PO₄) dalam sampel air di lokasi penelitian. Tingkat konsentrasinya dalam sampel air kontrol (*eco-enzyme* 0%) pada jarak 10 m dan 100 m melebihi Baku Mutu menurut PermenLH, No. 51, 2004. Hal ini mengindikasikan, perairan tersebut mengalami pencemaran oleh limbah ini.

Tercemarnya perairan Pantai Cukuh Raya oleh bahan limbah fosfat dapat mengakibatkan terjadinya proses eutrofikasi. Menurut Prasetyo et al. (2022), eutrofikasi fosfat merupakan proses pengayaan (*enrichment*) berlebihan pada ekosistem perairan yang dapat mengakibatkan cepatnya pertumbuhan mikroalga atau tanaman air sehingga terjadi mortalitas pada biota laut.

Secara umum, fosfat (PO₄), yang terdapat di perairan, berasal dari berbagai sumber, yaitu limbah rumah tangga (deterjen), residu hasil pertanian (pupuk), limbah industri, hancuran limbah organik, dan mineral fosfat. Bahan ini termasuk dalam limbah makronutrien bagi fitoplankton di perairan laut (Firdaus, 2018). Walaupun dibutuhkan sebagai nutrisi utama bagi fitoplankton, konsentrasi yang tinggi dari bahan ini dapat mengakibatkan konsentrasi oksigen terlarut berkurang, yang dapat mengakibatkan terjadinya proses eutrofikasi (Dwitasari and Mulasari, 2017).

Kandungan Minyak Lemak

Konsentrasi minyak lemak di lokasi penelitian ditampilkan dalam Table 4. Konsentrasi bahan ini di semua sampel air kontrol (*eco-enzyme* 0%) tidak melebihi Baku Mutu menurut Peraturan KemenLH, No. 51, 2004. Walaupun demikian, keberadaannya dapat menimbulkan bau yang tidak sedap. Hal ini terjadi di lokasi penelitian, terutama di lokasi yang berdekatan dengan posisi pipa buangan tambak udang.

Minyak dan lemak sulit larut dalam air tetapi mudah larut dalam pelarut organik (Kamaruddin et al., 2019). Jika konsentrasi minyak dan lemak di suatu perairan melebihi baku mutu maka dapat mencemari perairan tersebut. Hal ini

disebabkan karena minyak dan lemak yang tinggi dapat menurunkan konsentrasi oksigen dalam air, yang disebabkan oleh mikroorganisme dalam mendegradasi minyak dan lemak dalam air. Selain itu lapisan minyak dan lemak yang ada di permukaan air dapat menghambat kelarutan oksigen dalam air sehingga menurunkan konsentrasi oksigen terlarut di dalam air (El-Gawad, 2014). Minyak dan lemak juga bisa menyebabkan bau yang tidak sedap (Kamaruddin et al., 2019).

Penggunaan Larutan *Eco-enzyme*

Penambahan larutan *eco-enzyme* pada sampel air laut dari perairan Pantai Cukuh Raya, selama 24 jam, dapat menurunkan konsentrasi bahan organik amonia (NH₃), nitrat (NO₃), fosfat (PO₄), dan minyak lemak; berturut-turut ditampilkan dalam Table 1, 2, 3, dan 4. Nampak, semakin banyak larutan *eco-enzyme* yang diberikan, maka semakin besar penurunan konsentrasi bahan organik dalam air sampel.

Penurunan bahan organik amonia dalam air laut setelah penambahan larutan *eco-enzyme* terjadi karena larutan ini dapat meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air yang dapat mempercepat proses nitrifikasi (proses transformasi amonia menjadi nitrit dan nitrat) (Kumar et al., 2019). Hasil ini sejalan dengan penelitian dari Wikaningrum and El Dabo (2022) yang menyatakan, bahwa penggunaan *eco-enzyme* dapat menurunkan konsentrasi amonia sebesar 12.8% dalam waktu 5 jam.

Bahan organik nitrat yang tersusun atas senyawa kompleks akan terdegradasi menjadi nitrogen dan menguap setelah ditambahkan larutan *eco-enzyme*. Selain itu, enzim yang terkandung dalam larutan ini juga dapat berfungsi menstabilkan bahan organik menjadi zat yang lebih mudah larut dan terurai sehingga menghasilkan senyawa yang lebih sederhana (Rasit et al., 2019). Demikian pula halnya yang terjadi pada bahan organik fosfat (Table 3) di mana larutan ini bertindak sebagai katalis dalam mempercepat penguraian bahan organik air limbah. Seperti hasil penelitian dari

Table 3

Fosphate (PO₄) concentration (mg/L ± standard deviation) and addition of *eco-enzyme* solutions to water sample from Cukuh Raya Beach, Kaur Regency, Bengkulu Province, Indonesia

Eco-enzyme addition (%)	Distance from the outfall discharge		Indonesian Quality Standards (Regulations of the Minister of Environment, Number 51, 2004)
	10 m	100 m	
0 (control)	0.15 ± 0.03	0.13 ± 0.11	0.015 (mg/L)
2	0.13 ± 0.11	0.11 ± 0.10	
5	0.12 ± 0.14	0.09 ± 0.07	

Table 4

Fatty oil concentration (mg/L ± standard deviation) and addition of *eco-enzyme* solutions to water sample from Cukuh Raya Beach, Kaur Regency, Bengkulu Province, Indonesia

Eco-enzyme addition (%)	Distance from the outfall discharge		Indonesian Quality Standards (Regulations of the Minister of Environment, Number 51, 2004)
	10 m	100 m	
0 (control)	0.31 ± 0.04	0.24 ± 0.10	1 (mg/L)
2	0.14 ± 0.05	0.23 ± 0.18	
5	0.08 ± 0.02	0.11 ± 0.06	

Table 5

Pollution index of ammonia (NH₃) in water sample of Cukuh Raya Beach, Kaur Regency, Bengkulu Province, Indonesia, in relation to organic waste discharge from shrimp farm, before and after additional of eco-enzyme solution

Water sample location (Distance from the outfall discharge of shrimp farm)	Eco-enzyme addition (%)	Pollution Index	Status
10 m	0	9.08	Moderately polluted
	2	6.96	Moderately polluted
	5	5.54	Moderately polluted
100 m	0	5.39	Moderately polluted
	2	4.00	Moderately polluted
	5	3.59	Moderately polluted

Widiyastuti *et al.* (2023) yang membuktikan, bahwa penggunaan larutan ini dapat menurunkan konsentrasi nitrat dan fosfat.

Menurunnya konsentrasi minyak lemak setelah penambahan larutan *eco-enzyme* terjadi karena larutan tersebut mengandung enzim lipase yang mampu merombak minyak dan lemak menjadi digliserida, monogliserida, dan asam lemak sehingga lebih mudah terurai di dalam air (Wikaningrum and Pratamadina, 2022). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian oleh Kamaruddin *et al.*, (2019) yang mengatakan, bahwa penggunaan larutan *eco-enzyme* dapat membantu penguraian minyak dan lemak sebesar 30.17% pada waktu inkubasi 9 hari.

Larutan *eco-enzyme* menghasilkan asam organik yang tinggi dan enzim multi hidrolitik, seperti enzim amilase, protease, dan lipase, yang mampu mendegradasi air limbah (Bartholomew, 2003; Arunagiri *et al.*, 2020; Supebrianto and Handoko, 2023). Hal ini membuktikan, larutan *eco-enzyme* berperan sebagai katalisator yang mengkatalis bahan organik kompleks air limbah menjadi zat yang lebih sederhana (Rasit *et al.*, 2019). Enzim yang terdapat di dalam larutan ini akan mengkatalisis reaksi 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 (Gaspersz and Fitrihidajati, 2022).

Status Pencemaran Perairan Pantai Cukuh Raya

Table 5 menampilkan hasil analisis status pencemaran (menggunakan indeks pencemaran) air laut di lokasi penelitian (Pantai Cukuh Raya) menggunakan parameter limbah organik, baik sebelum penambahan (*eco-enzyme* 0%) maupun setelah penambahan larutan *eco-enzyme*. Dari hasil tersebut diketahui, bahwa semua sampel air (baik sebelum maupun sesudah penambahan larutan) dalam keadaan tercemar sedang (*moderately polluted*).

KESIMPULAN

Bahan organik (amonia, nitrat, fosfat, dan minyak lemak) ditemukan terkandung dalam sampel air di perairan Pantai Cukuh Raya, Kabupaten Kaur, Provinsi Bengkulu, dan berada dalam status tercemar sedang (*moderately polluted*) oleh

limbah organik. Penambahan larutan *eco-enzyme* dapat menurunkan konsentrasi limbah organik tersebut.

Ucapan Terima Kasih Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan naskah hasil penelitian ini untuk dipublikasi dalam jurnal ilmiah.

“We certify that there is no conflict of interest with any organization regarding the materials discussed in this manuscript”.

REFERENSI

- AINI, M. and PARMY, H.J. (2022) Analisis Tingkat Pencemaran Tambak Udang di Sekitar Perairan Laut Desa Padak Guar Kecamatan Sambelia Kabupaten Lombok Timur. *Journal of Aquatic and Fisheries Sciences*, 1(2), pp. 67–75. Available at: <https://doi.org/10.32734/jafs.v1i2.9025>.
- ARUNAGIRI, A., PERUMALSAMY, M., SIVASANKAR, T., SIVASHANMUGAM, P. and SRINATH, S. (2020) Advances and challenges for sustainable ec-systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(17).
- BARTHOLOMEW D.P., PAULL, R.E. and ROHRBACH, K.G. (2003) *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. University of Hawaii at Manoa Honolulu USA: CABI Publishing.
- DWITASARI, E.L. and MULASARI, S.A. (2017) Tinjauan Kandungan BOD₅ (Biological Oxygen Demand), Fosfat dan Amonia di Laguna Trisik. *The 5th Urecol Proceeding*. Yogyakarta: UAD, pp. 1439–1449.
- EFFENDI, H. (2003) *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- EL-GAWAD, A.H.S. (2014) Oil and Grease Removal from Industrial Wastewater Using New Utility Approach. *Advances in Environmental Chemistry*, 2014, pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1155/2014/916878>.
- FAJ’RIA, N., WARA, A.D., SOFIYANI, R.D., FADHILAH, N., MUSTIKANINGTYAS, D. and ATUNNISA, R. (2023) Pemanfaatan limbah kulit buah untuk pembuatan ekoenzim. *Prosiding Seminar Nasional IPA XIII*, pp. 682–688.

- FIRDAUS, M.L. (2018) Physical Properties and Nutrients Distribution of Seawater in the Banda Sea – Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 184(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/184/1/012011>.
- FITRIANA, F., SARI, W.P. and PRAMESTI, D. (2022) Pemberdayaan Masyarakat Wilayah Pesisir Dalam Mengatasi Limbah Tambak Udang Melalui Rehabilitasi Lingkungan. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(6), p. 4814. Available at: <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i6.11154>.
- GASPERSZ, M.M. and FITRIHIDAJATI, H. (2022) 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. *Lentera Bio*, 11, pp. 503–513. Available at: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index503>.
- HAMUNA, B., TANJUNG, R.H.R., SUWITO, S., MAURY, H.K. and ALIANTO, A. (2018) Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), pp. 35–43. Available at: <https://doi.org/10.14710/jil.16.135-43>.
- HEMALATHA, M. AND VISANTINI, P. (2020) Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- KAMARUDDIN, M.A., IBRAHIM, M.H., THUNG, L.M., EMMANUEL, M.I., NIZA, N.M., SHADI, A.M.H. and NORASHIDDIN, F.A. (2019) Sustainable synthesis of pectinolytic enzymes from citrus and *Musa acuminata* peels for biochemical oxygen demand and grease removal by batch protocol. *Applied Water Science*, 9(4), pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0948-2>.
- KUMAR, N., RAJSHREE, Y.A., YADAV, A. and MALHOTRA, N.H. (2019) Validation of eco-enzyme for improved water quality effect during large public gathering at river bank. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, 4(3), pp. 181–188. Available at: <https://doi.org/10.22034/IJHCUM.2019.03.03>.
- MALINGGAS, C.R., MANEMBU, I.S. and LASUT, M.T. (2019) Coastal resources management in South Minahasa Regency, North Sulawesi Province. *Aquatic Science & Management*, 5(2), p. 56. Available at: <https://doi.org/10.35800/jasm.5.2.2017.24568>.
- MUQSITH, A. (2014) Dampak Kegiatan Tambak Udang Intensif Terhadap Kualitas Fisik-Kimia Perairan Banyuputih Kabupaten Situbondo. *JSAPI*, 5(1), pp. 1–6.
- MURTI, R.S. and PURWANTI., C.M.H. (2014) Optimasi Waktu Reaksi Pembentukan Kompleks Indofenol Biru Stabil Pada Uji N-Amonia Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Dengan Metode Fenat. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, pp. 29–34.
- PAENA, M., SUHAIMI, R.A. and UNDU, M.C. (2017) Karakteristik Sedimen Perairan Sekitar Tambak Udang Intensif Saat Musim Hujan Di Teluk Punduh Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), pp. 221–234. Available at: http://itk.fpik.ipb.ac.id/ej_itkt91.
- PRASETIYONO, E., BIDAYANI, E., ROBIN, R. and SYAPUTRA, D. (2022) Analisis Kandungan Nitrat dan Fosfat Pada Lokasi Buangan Limbah Tambak Udang Vaname (*Litopenaeus vanamei*) di Kabupaten Bangka Tengah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Saintek Perikanan*, 18(2), pp. 73–79. Available at: <https://doi.org/10.14710/ijfst.18.2.73-79>.
- PRASETYO, T.F., SUSANDI, D. and YUNUS, M. (2022) Prototipe cerdas pemecahan sampah organik dan anorganik. *INFOTECH*, pp. 157–163.
- PUTRI, M.P., EFFENDY, S. and FEBRIANA, I. (2022) Analisis Kinerja Unit Pirolisator Kondensor Ganda Guna Konversi Limbah Biomassa Menjadi Asap Cair Performance Analysis of Double Condenser Pyrolysis Unit for Conversion of Biomass Waste into Liquid Smoke. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 2(11), pp. 447–452.
- RASIT, N., FERN, L.H. and GHANI, W.A.W.A.K. (2019) Production and Characterization of Eco Enzyme Produced from Tomato and Orange Wastes and ITS Influence on the Aquaculture Sludge. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(3), pp. 967–980. Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3456453.
- SUPEBRIANTO and HANDOKO, Y.A. (2023) Menentukan Jenis Kulit Buah Terbaik Untuk Menghasilkan Produk Eco-enzyme. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS*, pp. 728–739.
- TOHARI, P.A.I., SUADI and SUBEJO (2020) Persepsi Pembudidaya Udang dalam Pengembangan Usaha Tambak Berkelanjutan di Pantai Selatan Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 22(1), pp. 55–61.
- WIDIYASTUTI, S., RATNAWATI, R., SUGITO and WIYARNO, Y. (2023) Penurunan Kadar Surfaktan, Nitrogen Dan Phospat Air Limbah Domestik Dengan Eco enzim. *Waktu Jurnal Teknik UNIPA*, 21(01), pp. 10–18. Available at: <https://doi.org/10.36456/waktu.v21i01.6567>.
- WIKANINGRUM, T. and EL DABO, M. (2022) Eco-Enzyme Sebagai Rekayasa Teknologi Berkelanjutan Dalam Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 7(1), pp. 53–64. Available at: <https://doi.org/10.25105/pdk.v7i1.10738>.
- WIKANINGRUM, T. and PRATAMADINA, E. (2022) Potensi Penggunaan Eco Enzyme Sebagai Biokatalis Dalam Penguraian Minyak dan Lemak pada Air Limbah Domestik. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(4), pp. 3924–3932. Available at: <https://doi.org/10.32672/jse.v7i4.4849>.