

The Effect of Absorption of The Heavy Metal Lead (Pb), in Depuration Media on The Quality of Seaweed Renderment

Hanifatul Maghfiroh^{1*} & Andi Rahmad Rahim^{1*}

¹Program Studi Budidaya Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik, Indonesia;

Article History

Received : April 28th, 2024

Revised : May 01th, 2024

Accepted : June 01th, 2024

*Corresponding Author:

Hanifatul Maghfiroh & Andi Rahmad Rahim, Program Studi Budidaya Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Gresik, Gresik, Indonesia;

Email:

iffahanifa.08@gmail.com

andirahmad@umg.ac.id

Abstract: This study aims to examine the effect of lead (Pb) heavy metal absorption in depuration media on the agar quality and yield of seaweed (*Gracilaria* sp) from local coastal waters, and to assess its potential use in industry. The research method involved analyzing six seaweed samples using atomic absorption spectrophotometry (AAS) to measure Pb content and calculate the dry matter yield. The results showed that the SB samples (SB1, SB2, SB3) did not contain detectable levels of Pb, indicating that their growing environment was relatively free from heavy metal contamination. In contrast, the SS samples (SS1, SS2, SS3) showed detectable levels of Pb, with the highest concentration in SS2 (2.65 mg/kg). The dry matter yield in the SB samples averaged around 20%, while the SS samples had a slightly higher average yield of around 21.5%. These results indicate that the SS samples had a higher dry matter content compared to the SB samples. Based on these findings, it is concluded that the SB samples are safer for industrial use due to the absence of Pb contamination, whereas the SS samples require further treatment to reduce the risk of Pb contamination. This study emphasizes the importance of regular monitoring and testing for heavy metal content in seaweed to ensure product quality and safety, as well as effective environmental management of coastal waters to prevent heavy metal contamination of vital natural resources.

Keywords: Atomic absorption spectrophotometry, dry matter yield, *Gracilaria* sp, heavy metal pollution, lead (Pb).

Pendahuluan

Indonesia adalahh negara maritim karena luas wilayah Indonesia sebagian besar perairan. Luas perairan laut Indonesia sebesar 5.8 juta km² serta garis pantai sepanjang 81.000 km (Riska *et al.*, 2010). Pencemaran laut ditandai dengan masuknya atau masuknya hewan hidup, zat, energi, atau komponen lain yang berpotensi ke dalam iklim laut oleh aktivitas manusia sehingga kualitasnya menurun ke tingkat tertentu yang membuat iklim laut tidak lagi sesuai dengan pedoman mutu dan kualitas. kemampuan (Setiawan, 2014).

Persepsi masyarakat bahwa laut merupakan tempat pembuangan limbah berbagai aktivitas manusia, baik di darat maupun di lepas pantai, menjadi salah satu penyumbang

pencemaran yang besar. Perbaikan modern sebagai tindakan kemajuan finansial secara implisit menyebabkan penurunan kualitas air di iklim laut. Berbagai macam polusi dibawa ke laut karena aktivitas manusia. Karakteristik organisme dan air dapat mempengaruhi toksisitas tersebut (Purbonegoro, 2019).

Salah satu pencemaran yang keberadaannya ditakuti karena mempunyai tingkat keracunan yang tinggi di iklim laut adalah pencemaran logam berat. Salah satu pencemaran yang berdampak buruk terhadap iklim adalah limbah yang mengandung logam berat. Pencemaran logam berat dapat ditemukan pada badan air dan selanjutnya berupa padatan yang terdapat pada perairan seperti residu (Budiastuti *et al.*, 2016). Timbal (Pb) salah satu jenis logam berat yang dapat menyebabkan pencemaran pada

perairan. Pada perairan yang tercemar timbal (Pb) akan berdampak buruk terhadap makhluk hidup di lautan (Hayatun, 2019).

Kontaminasi logam berat, seperti timbal (Pb), telah menjadi masalah alam serius di seluruh dunia. Logam berat ini berasal dari berbagai sumber antropogenik seperti industri, pertambangan dan transportasi. Logam berat timbal mempunyai bahaya yang tinggi bagi manusia karena dapat membahayakan kesehatan mental anak muda, perkembangan trombosit merah, pucat dan bagian tubuh lainnya (Nurjanah *et al.*, 2020). Pb dan logam berat lainnya dapat membahayakan lingkungan perairan, termasuk media depurasi seperti rumput laut, bila terpapar dalam konsentrasi tinggi. Salah satu organisme dalam ekosistem perairan yang mempunyai peranan penting adalah rumput laut, dan kerentanannya terhadap logam berat dapat mengganggu keseimbangan ekosistem.

Pencemaran logam berat salah satu jenis pencemaran yang dikhawatirkan karena potensi keracunannya yang tinggi pada lingkungan laut. Limbah yang mengandung logam berat salah satu jenis pencemaran yang memberikan dampak negatif terhadap iklim. Pencemaran logam berat dapat ditemukan di badan air dan selanjutnya berupa zat padat yang ditemukan di dalam air seperti penumpukan (Budiastuti *et al.*, 2016). Timbal (Pb) adalah jenis logam berat yang dapat menyebabkan pencemaran air. Air yang tercemar timbal (Pb) akan berdampak buruk terhadap kehidupan makhluk hidup di laut (Hayatun, 2019).

Polusi logam berat, seperti timbal (Pb), telah menjadi masalah rutin yang serius di seluruh dunia. Logam berat ini berasal dari berbagai sumber antropogenik seperti industri, pertambangan dan transportasi. Logam berat timbal mempunyai risiko yang tinggi bagi manusia karena dapat mengganggu kesejahteraan psikologis anak, perbaikan trombosit merah, pucat dan bagian tubuh lainnya (Nurjanah *et al.*, 2020). Pb dan logam berat lainnya dapat merusak iklim amfibi, termasuk media depurasi seperti rumput laut, jika ditempatkan pada fokus tinggi. Salah satu makhluk di lingkungan amfibi yang berperan penting adalah rumput laut, dan kelemahannya terhadap logam berat dapat mengganggu keseimbangan sistem biologis.

Bahan dan Metode

Sampel penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah agar rendemen rumput laut yang berasal dari perairan pantai local. Sampel dipilih berdasarkan kriteria kesehatan dan ukuran yang seragam. Logam berat timbal (Pb) diperoleh dalam bentuk larutan standar dengan konsentrasi yang diketahui. Perlakuan dilakukan dengan mengekspos rumput laut pada larutan timbal dengan variasi konsentrasi tertentu. Kontrol positif dan kontrol negatif juga disiapkan untuk membandingkan efek perlakuan. Penyerapan timbal oleh rumput laut dianalisis dengan menggunakan spektrofotometri serapan atom (AAS) untuk mengukur konsentrasi timbal dalam jaringan rumput laut setelah perlakuan tertentu.

Metode penelitian

Metode penelitian melibatkan pengamatan langsung tentang bagaimana rumput laut bereaksi terhadap lingkungan terpapar timbal. Ini bisa melibatkan pengamatan visual terhadap perubahan fisik atau perilaku rumput laut. Waktu penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu:

Pertama mengumpulkan pandangan dan pengalaman langsung dari nelayan atau petani rumput laut yang bekerja di wilayah terpapar timbal. Wawancara ini dapat memberikan wawasan tentang perubahan yang mereka amati dalam kualitas dan rendemen rumput laut. Kedua, berbicara dengan ahli lingkungan atau ilmuwan yang ahli dalam bidang pencemaran logam berat dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang dampaknya pada lingkungan dan organisme laut. Ketiga, mengadakan sesi diskusi kelompok terfokus dengan kelompok petani atau nelayan yang terpengaruh untuk mengidentifikasi pola persepsi dan pengalaman mereka terkait perubahan kualitas dan rendemen rumput laut. Keempat, mengumpulkan dan menganalisis dokumen, laporan, atau artikel ilmiah terkait tentang pengaruh logam berat terhadap rumput laut dan kualitas agar. Ini dapat memberikan konteks tambahan untuk hasil penelitian.

Analisis data

Rendemen dihitung dengan rumus pada persamaan 1.

$$\text{Rendemen}(\%) = \frac{\text{Berat Kering}}{\text{Berat Basah}} \times 100 \quad (1)$$

Hasil dan Pembahasan

Rendeman rumput laut

Hasil perhitungan rendemen untuk enam sampel rumput laut yang dianalisis, terlihat adanya variasi dalam persentase rendemen di antara sampel SB (SB1, SB2, dan SB3) dan SS (SS1, SS2, dan SS3). Sampel SB1, SB2, dan SB3 menunjukkan nilai rendemen masing-masing sebesar 20%, 20.83%, dan 20%. Ketiga sampel ini menunjukkan konsistensi yang cukup baik dalam persentase rendemen, meskipun terdapat sedikit peningkatan pada sampel SB2. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa sekitar 20% dari berat bersih sampel SB merupakan berat kering, yang berarti sebagian besar massa sampel adalah air.

Tabel 1. Hasil kandungan rendemen pada sampel rumput laut

Sampel	Berat Bersih (gram)	Berat Kering (gram)	Rendemen (%)
SB1	10	2	20
SB2	12	2,5	20,83
SB3	11	2,2	20
SS1	13	2,8	21,54
SS2	14	3	21,43
SS3	12	2,6	21,67

Sampel SS1, SS2, dan SS3 menunjukkan nilai rendemen yang sedikit lebih tinggi, yaitu masing-masing sebesar 21.54%, 21.43%, dan 21.67%. Nilai rendemen yang lebih tinggi ini

menunjukkan bahwa sampel SS memiliki kandungan bahan kering yang lebih besar dibandingkan dengan sampel SB. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan spesies rumput laut, kondisi lingkungan tempat tumbuh, atau perlakuan pasca-panen. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa sampel rumput laut SB memiliki kandungan bahan kering yang relatif konsisten dan sedikit lebih rendah dibandingkan dengan sampel SS.

Variabilitas yang tercatat dalam rendemen menunjukkan bahwa ada faktor-faktor yang mempengaruhi kadar bahan kering dalam rumput laut yang perlu diperhatikan lebih lanjut. Ini juga menekankan pentingnya pemantauan dan pengujian rutin untuk memastikan kualitas dan karakteristik bahan baku rumput laut yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri atau konsumsi. Rendemen yang lebih tinggi pada sampel SS menunjukkan potensi keuntungan dalam hal kandungan bahan aktif yang lebih tinggi atau nilai nutrisi yang lebih baik, yang bisa menjadi faktor penting dalam pemanfaatan komersial rumput laut.

Hasil analisis laboratorium sampel rumput laut

Ada enam sampel yang telah dianalisis untuk kandungan Pb (timbal) dengan menggunakan metode analisis AAS (Atomic Absorption Spectroscopy) dengan pengukuran dalam satuan mg/kg (miligram per kilogram) setelah perlakuan menggunakan HNO₃ (asam nitrat).

Tabel 2. hasil analisis laboratorium untuk sampel rumput laut yaitu

No	Kode	Paramater	Hasil Analisis		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1.	SB1	PB	Tidak Terdeteksi	mg/kg	HNO ₃	AAS
2.	SB2	PB	Tidak Terdeteksi	mg/kg	HNO ₃	AAS
3.	SB3	PB	Tidak Terdeteksi	mg/kg	HNO ₃	AAS
4.	SS1	PB	1,12 ± 0,00	mg/kg	HNO ₃	AAS
5.	SS2	PB	2,65 ± 0,00	mg/kg	HNO ₃	AAS
6.	SS3	PB	1,14 ± 0,00	mg/kg	HNO ₃	AAS

Hasil analisis laboratorium sampel rumput laut sebagai berikut:

1. Sampel SB1: Tidak terdeteksi Pb dalam sampel ini.
2. Sampel SB2: Tidak terdeteksi Pb dalam sampel ini.
3. Sampel SB3: Tidak terdeteksi Pb dalam sampel ini.

4. Sampel SS1: Kandungan Pb dalam sampel ini adalah $1,12 \pm 0,00$ mg/kg setelah perlakuan menggunakan HNO₃.
5. Sampel SS2: Kandungan Pb dalam sampel ini adalah $2,65 \pm 0,00$ mg/kg setelah perlakuan menggunakan HNO₃.
6. Sampel SS3: Kandungan Pb dalam sampel ini adalah $1,14 \pm 0,00$ mg/kg setelah perlakuan menggunakan HNO₃.

Hasil analisis menunjukkan sampel SB1, SB2, dan SB3 tidak mengandung Pb (timbal) dalam kadar yang dapat dideteksi menggunakan metode AAS setelah perlakuan dengan HNO₃. Ini menunjukkan bahwa kadar Pb dalam ketiga sampel tersebut berada di bawah batas deteksi metode analisis yang digunakan. Sampel SS1, SS2, dan SS3 memiliki kandungan Pb yang dapat dideteksi, dengan masing-masing memiliki kandungan 1,12 mg/kg, 2,65 mg/kg, dan 1,14 mg/kg setelah perlakuan dengan HNO₃. Kandungan Pb yang terdeteksi dalam sampel SS2 adalah yang tertinggi di antara ketiga sampel, sementara sampel SS1 dan SS3 memiliki kandungan Pb yang lebih rendah.

Variabilitas yang tercatat ($\pm 0,00$ mg/kg) menunjukkan ketelitian dalam pengukuran yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran tersebut dapat dianggap sangat akurat dalam konteks penggunaan metode analisis yang digunakan. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa ada variasi dalam kandungan Pb antara sampel yang dianalisis, dengan beberapa sampel tidak mengandung Pb yang dapat dideteksi, sementara yang lain memiliki kandungan yang signifikan. Hal ini menunjukkan pentingnya pemantauan dan pengujian rutin terhadap kandungan logam berat seperti Pb dalam lingkungan atau bahan kimia yang relevan untuk memastikan keamanan dan kepatuhan terhadap standar regulasi yang berlaku.

Konsentrasi Pb yang terdeteksi dalam sampel SS2 (2,65 mg/kg) lebih tinggi dibandingkan dengan SS1 (1,12 mg/kg) dan SS3 (1,14 mg/kg). Ini menunjukkan adanya variasi dalam konsentrasi Pb antara sampel yang diuji. Meskipun Pb tidak terdeteksi dalam sampel SB1, SB2, dan SB3, namun hasil ini tidak menyingkirkan kemungkinan adanya Pb dalam sampel tersebut. Oleh karena itu, pengujian lebih

lanjut mungkin diperlukan untuk memastikan ketidakhadanya Pb dalam sampel. Penting untuk dicatat bahwa nilai-nilai tersebut telah dikoreksi dengan ketidakpastian pengukuran ($\pm 0,00$ mg/kg).

Sampel SB1

Sampel SB1 menunjukkan tidak terdeteksinya Pb (timbal) menggunakan metode AAS setelah perlakuan dengan HNO₃. Nilai rendemen untuk sampel ini adalah 20%, yang berarti 20% dari berat bersihnya terdiri dari bahan kering. Kandungan bahan kering yang relatif rendah menunjukkan bahwa sampel ini memiliki kandungan air yang tinggi, yang bisa mempengaruhi tekstur dan kualitas produk akhir yang menggunakan rumput laut ini. Hasil ini juga menunjukkan bahwa sampel SB1 relatif aman dari kontaminasi Pb, yang penting untuk memastikan keamanan produk jika digunakan dalam industri makanan atau farmasi.

Sampel SB2

Sampel SB2 juga menunjukkan tidak terdeteksinya Pb. Rendemen untuk sampel ini sedikit lebih tinggi dibandingkan SB1, yaitu 20,83%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa SB2 memiliki sedikit lebih banyak bahan kering daripada SB1, meskipun perbedaannya tidak signifikan. Seperti SB1, kandungan air yang tinggi dapat berpengaruh pada tekstur dan kualitas produk akhir. Ketidakhadanya Pb dalam sampel ini juga penting untuk menjamin keamanan produk.

Sampel SB3

Sampel SB3, seperti dua sampel SB lainnya, tidak menunjukkan adanya Pb yang dapat dideteksi. Rendemen sampel ini adalah 20%, sama dengan SB1, yang menunjukkan karakteristik bahan kering yang serupa. Hal ini mengindikasikan bahwa sampel SB3 juga memiliki kandungan air yang tinggi, sehingga penggunaannya mungkin lebih cocok untuk produk yang memerlukan kelembaban tertentu. Keamanan dari kontaminasi Pb menjadikan sampel ini cocok untuk aplikasi yang memerlukan bahan bebas logam berat.

Sampel SS1

Sampel SS1 memiliki kandungan Pb sebesar 1.12 mg/kg, yang meskipun terdeteksi, masih berada dalam batas yang dapat dikelola tergantung pada standar regulasi yang berlaku. Rendemen sampel ini adalah 21.54%, yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel SB. Ini menunjukkan bahwa SS1 memiliki kandungan bahan kering yang lebih tinggi, yang bisa berarti kandungan nutrisi atau bahan aktif yang lebih tinggi. Namun, adanya Pb perlu diperhatikan dan mungkin memerlukan tindakan untuk mengurangi kontaminasi sebelum digunakan dalam aplikasi tertentu.

Sampel SS2

Sampel SS2 menunjukkan kandungan Pb tertinggi di antara semua sampel, yaitu 2.65 mg/kg. Rendemen untuk sampel ini adalah 21.43%, menunjukkan meskipun memiliki kandungan Pb yang lebih tinggi, sampel ini juga memiliki bahan kering yang signifikan. Kandungan Pb yang tinggi mengindikasikan perlunya pengujian lebih lanjut dan kemungkinan tindakan mitigasi sebelum digunakan, terutama jika digunakan dalam industri yang memerlukan bahan baku bebas kontaminan logam berat. Kandungan bahan kering yang tinggi dapat meningkatkan nilai produk akhir, tetapi risiko kontaminasi Pb harus dikelola dengan hati-hati.

Sampel SS3

Sampel SS3 memiliki kandungan Pb sebesar 1.14 mg/kg dan rendemen 21.67%, yang merupakan rendemen tertinggi di antara semua sampel yang dianalisis. Seperti sampel SS lainnya, kandungan bahan kering yang tinggi menunjukkan potensi nilai nutrisi atau bahan aktif yang lebih besar. Namun, adanya Pb dalam kadar yang dapat dideteksi memerlukan perhatian lebih lanjut. Pengelolaan yang tepat diperlukan untuk memastikan keamanan penggunaan sampel ini dalam produk akhir, terutama jika digunakan dalam industri makanan atau kesehatan.

Analisis dari setiap sampel menunjukkan variasi yang signifikan dalam kandungan Pb dan rendemen. Sampel SB (SB1, SB2, SB3) umumnya tidak menunjukkan kandungan Pb yang dapat dideteksi dan memiliki rendemen yang konsisten sekitar 20%. Ini menunjukkan bahwa sampel SB lebih aman dari kontaminasi

Pb namun memiliki kandungan air yang tinggi. Sebaliknya, sampel SS (SS1, SS2, SS3) menunjukkan kandungan Pb yang dapat dideteksi dengan rendemen yang lebih tinggi, yang menunjukkan kandungan bahan kering yang lebih besar namun dengan risiko kontaminasi Pb yang lebih tinggi. Hal ini menekankan perlunya pemantauan dan pengelolaan kontaminasi logam berat, serta optimasi penggunaan rumput laut berdasarkan kandungan bahan kering dan kebutuhan aplikasi spesifik.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat variasi signifikan dalam kandungan timbal (Pb) dan rendemen antara sampel rumput laut dari perairan pantai lokal. Sampel SB (SB1, SB2, SB3) tidak mengandung Pb yang dapat dideteksi, menandakan bahwa lingkungan tempat tumbuhnya relatif bebas dari kontaminasi logam berat. Sebaliknya, sampel SS (SS1, SS2, SS3) mengandung Pb dengan konsentrasi tertinggi pada SS2 (2.65 mg/kg). Rendemen sampel SB berkisar sekitar 20%, sedangkan sampel SS memiliki rendemen yang sedikit lebih tinggi, sekitar 21.5%. Ini menunjukkan bahwa sampel SS memiliki kandungan bahan kering yang lebih tinggi dibandingkan sampel SB. Temuan ini menekankan pentingnya pengelolaan kontaminasi Pb sebelum penggunaan rumput laut dalam industri, serta perlunya pemantauan dan pengujian rutin untuk memastikan kualitas dan keamanan produk. Sampel SB yang bebas dari Pb lebih aman untuk digunakan, sementara sampel SS, meskipun memiliki kandungan bahan aktif yang lebih tinggi, memerlukan perlakuan lebih lanjut untuk mengurangi risiko kontaminasi Pb.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti ucapkan terima kasih pada Program Studi Budidaya Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Gresik yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

Anggraini, M., Swantara, I. M. D., & Sukadana, I. M. (2021). Toksisitas Ekstrak Dan Isolat

- Rumput Laut Eucheuma. *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*, 9(1), 35–41.
- Budiastuti, P., Rahadjo, M., & Dewanti, N. (2016). Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal Di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(5), 119–118.
- Handayani, T. (2019). Peranan Ekologi Makroalga Bagi Ekosistem Laut. *Oseana*, 44(1), 1–14. <https://doi.org/10.14203/oseana.2019.vol.44no.1.25>
- Hayatun, N. (2019). Toksisitas Timbal(Pb) Terhadap Kesehatan Ikan. *Univesrsitas Almuslim*.
- Laily, W. N., Izzati, M., & Haryanti, S. (2019). Kandungan Mineral dan Logam Berat Pada Garam Yang Diekstrak Dari Rumput Laut Sargassum sp. Menggunakan Metode Dibilas dan Diredam. *Jurnal Pro-Life*, 6(3), 274–286.
- Nurjanah, N.-, Mardiono Jacob, A., Ramlan, & Abdullah, A. (2020). Penambahan Genjer (*Limncharis flava*) pada Pembuatan Garam Rumput Laut Hijau untuk Penderita Hipertensi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3), 459–469. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i3.32462>
- Purbonegoro, T. (2019). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Toksisitas Bahan Pencemar Terhadap Organisme Perairan. *Oseana*, 42(2), 12–22. <https://doi.org/10.14203/oseana.2017.vol.42no.2.43>
- Riska, N., Suedy, S. W. A., & Izzati, M. (2010). Kandungan Mineral dan Logam Berat pada Biosalt Rumput Laut Padina sp. *Jurnal Pro-Life*, 6(2), 171–179.
- Saraswati, A. R., & Rachmadiarti, F. (2021). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Padina australis di Pantai Sendang Biru Malang. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 10(1), 67–76. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lentera-bio/index>
- Setiawan, H. (2014). Pencemaran Logam Berat di Perairan Pesisir Kota Makassar dan Upaya Penanggulangannya. *Info Teknis EBONI*, 11(1), 1–13.
- Anggraini, M., Swantara, I. M. D., & Sukadana, I. M. (2021). Toksisitas Ekstrak Dan Isolat Rumput Laut Eucheuma. *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*, 9(1), 35–41.
- Budiastuti, P., Rahadjo, M., & Dewanti, N. (2016). Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal Di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(5), 119–118.
- Handayani, T. (2019). Peranan Ekologi Makroalga Bagi Ekosistem Laut. *Oseana*, 44(1), 1–14. <https://doi.org/10.14203/oseana.2019.vol.44no.1.25>
- Hayatun, N. (2019). Toksisitas Timbal(Pb) Terhadap Kesehatan Ikan. *Univesrsitas Almuslim*.
- Laily, W. N., Izzati, M., & Haryanti, S. (2019). Kandungan Mineral dan Logam Berat Pada Garam Yang Diekstrak Dari Rumput Laut Sargassum sp. Menggunakan Metode Dibilas dan Diredam. *Jurnal Pro-Life*, 6(3), 274–286.
- Nurjanah, N.-, Mardiono Jacob, A., Ramlan, & Abdullah, A. (2020). Penambahan Genjer (*Limncharis flava*) pada Pembuatan Garam Rumput Laut Hijau untuk Penderita Hipertensi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3), 459–469. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i3.32462>
- Purbonegoro, T. (2019). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Toksisitas Bahan Pencemar Terhadap Organisme Perairan. *Oseana*, 42(2), 12–22. <https://doi.org/10.14203/oseana.2017.vol.42no.2.43>
- Riska, N., Suedy, S. W. A., & Izzati, M. (2010). Kandungan Mineral dan Logam Berat pada Biosalt Rumput Laut Padina sp. *Jurnal Pro-Life*, 6(2), 171–179.
- Saraswati, A. R., & Rachmadiarti, F. (2021). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Padina australis di Pantai Sendang Biru Malang. *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 10(1), 67–76. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lentera-bio/index>
- Setiawan, H. (2014). Pencemaran Logam Berat di Perairan Pesisir Kota Makassar dan Upaya Penanggulangannya. *Info Teknis EBONI*, 11(1), 1–13.