



JB&P : Jurnal Biologi dan Pembelajarannya

ISSN 2406-8659 (*print*), ISSN 2746-0959 (*online*)

Volume 11, Nomor 2, Tahun 2024, Hal. 143 – 160

Available online at:

<https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/biologi>



Research Article



Literature Review : Investigasi Pengaruh Polutan Mikrologam, dan Mikroplastik terhadap Biota Ekosistem Pesisir Pantai Bali

Muhammad Nuh Fathsyah Siregar¹, Agoes Soegianto²

^{1,2} Program Studi Magister Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia.

Email: muhammad.nuh.fathsyah-2023@fst.unair.ac.id, agoes_soegianto@fst.unair.ac.id

Penerbit	ABSTRACT
Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Negeri PGRI Kediri	<p>The island of Bali has become a popular tourist destination, but its impact on the coastal environment, particularly Serangan Beach in Bali is highly neglected. The method used in this research is a literature study of the distribution of microplastic and microplastic waste found on the coast of Serangan Beach Bali, through digital literacy journals such as Google Scholar, Science Mago and Science Direct. Based on some of these journals, it was found that micrometals pollutants, and microplastics that are not cleaned up can cause pollution of the flora and fauna ecosystem of Serangan Beach Bali. Although the impact of micrometals and microplastics in the present is not great, it will have a great impact in the future if there is no proper effort to overcome it.. This investigation is important to provide a better understanding of the impacts of micrometals and microplastic pollution on Bali's coastal ecosystems and to inform more effective environmental policies and management actions to protect and maintain marine resources critical to environmental sustainability and human well-being.</p> <p>Key words: <i>Micrometals; Microplastics; Pollutant Investigation; Beach in Bali; Ecosystem.</i></p>

ABSTRAK

Pulau Bali telah menjadi tujuan wisata yang populer, namun dampaknya terhadap lingkungan pesisir, khususnya Pantai Serangan di Bali sangat diabaikan. Meskipun petugas perairan membersihkan sampah, masih ada polutan mikrologam dan mikroplastik yang merusak ekosistem. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan studi literatur persebaran sampah mikrologam, dan mikroplastik yang ditemukan di Pesisir Pantai Serangan Bali, melalui jurnal literasi digital seperti *Google Scholar*, *Science Mago* dan *Science Direct*. Berdasarkan beberapa jurnal tersebut ditemukan bahwa polutan mikrologam, dan mikroplastik yang kurang teliti tidak terbersihkan dapat menyebabkan tercemarnya ekosistem flora maupun fauna Pantai Serangan Bali. Walau dampak yang diberikan oleh mikrologam dan mikroplastik di waktu sekarang tidaklah besar namun di kemudian hari dampak tersebut akan berdampak besar apabila tidak ada usaha yang tepat untuk menanggulangnya. Investigasi ini penting untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang dampak pencemaran mikrologam dan mikroplastik terhadap ekosistem pesisir Pantai Bali dan untuk menginformasikan kebijakan lingkungan dan tindakan pengelolaan yang lebih efektif untuk melindungi dan memelihara sumber daya laut yang penting bagi keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan manusia.

Kata kunci: Mikrologam; Mikroplastik; Investigasi Polutan; Pantai di Bali; Ekosistem.

PENDAHULUAN

Bali sering dianggap sebagai salah satu tempat wisata pantai terbaik di dunia. Meskipun tidak ada peringkat resmi untuk tempat wisata perairan di dunia, Bali seringkali masuk dalam daftar destinasi wisata pantai paling populer dan indah di berbagai survei dan pemungutan suara internasional (Firdaus et al., 2024). Banyak orang mengunjungi Bali untuk menikmati perairannya yang cantik, airnya yang jernih, dan ombak yang ideal untuk berselancar. Selain itu, keindahan alamnya, budaya yang kaya, serta keramahan penduduknya juga menjadikan Bali sebagai tujuan wisata yang diminati oleh banyak orang dari berbagai belahan dunia. Oleh karena itu Pantai Serangan Bali memiliki banyak turis yang berlalu-lalang membuang sampah saat mereka berkunjung (Suteja et al., 2021). Karena pembuangan sampah tersebut walaupun masih banyak yang membersihkannya masih banyak pula yang belum paham masih ada sisa berukuran lebih kecil lagi yang tidak disadari oleh petugas kebersihan tetap menjadi polutan pada ekosistem Pantai tersebut. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan itu dapat terjadi salah satu diantaranya adalah kepadatan pengunjung (Pranaliwa et al., 2024). Kepadatan pengunjung ini dapat menyebabkan peningkatan volume sampah yang dihasilkan sehingga petugas melewati sampah yang berukuran kecil. Kedua, kurangnya kesadaran lingkungan dari beberapa wisatawan turut berkontribusi terhadap masalah ini (Rusmiyanti et al., 2024). Beberapa turis mungkin tidak memperhatikan pentingnya menjaga kebersihan pantai atau mungkin tidak tahu tentang dampak negatif dari pembuangan sampah secara sembarangan. Ketiga, infrastruktur pengelolaan sampah di beberapa daerah di Bali mungkin tidak memadai untuk menangani jumlah sampah yang dihasilkan oleh wisatawan. Kurangnya fasilitas pengelolaan sampah yang memadai dapat menyebabkan sampah-sampah tersebut tersebar di sepanjang pantai atau akhirnya masuk ke laut. Selain itu, adanya angin

dan arus laut yang kuat juga dapat menyebabkan sampah-sampah yang dibuang di Pantai Serangan Bali tersebar lebih luas, termasuk ke dalam laut, di mana mereka dapat menjadi sumber mikrologam dan mikroplastik setelah terurai oleh waktu dan elemen-elemen alam (Purna et al., 2024; Suteja et al., 2021).

Mikrologam adalah logam yang memiliki ukuran butir atau kristal yang sangat kecil, biasanya kurang dari 100 mikrometer. Mikrologam sering digunakan dalam berbagai aplikasi teknologi dan industri karena sifat-sifatnya yang unik, seperti kekuatan yang tinggi, kekerasan, dan ketahanan terhadap korosi (Arentoft et al., 2007). Mereka juga dapat digunakan dalam produksi perangkat elektronik, kendaraan, dan peralatan medis seperti masker dan jarum suntik (Tahri et al., 2023). Bulu babi banyak dan biasa ditemukan di pantai serangan sebelah timur dari teluk Benoa Bali. Mikrologam banyak sekali terdapat di dalam bulu babi (Agung et al., 2023). Dampak Mikrologam terhadap fisiologi bulu babi dapat bervariasi tergantung pada jumlah dan jenis logam tersebut. Peningkatan konsentrasi mikrologam dalam bulu babi dapat menyebabkan iritasi kulit, gangguan pertumbuhan bulu, dan bahkan keracunan logam pada tingkat yang tinggi. Ukuran mikrologam di pantai biasanya sangat kecil, berkisar dari beberapa mikrometer hingga beberapa milimeter (Arentoft et al., 2007). Mikrologam ini dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk limbah industri, aktivitas manusia, dan proses alami seperti abrasi batuan dan pengikisan material logam (Bagus et al., 2015). Ukurannya yang kecil membuatnya sulit untuk diidentifikasi secara visual dan dapat berpotensi mencemari lingkungan pantai serta menjadi masalah kesehatan bagi organisme laut yang memakan partikel-partikel tersebut. Mikrologam dapat masuk ke dalam bulu babi melalui berbagai rute, termasuk melalui makanan, air, udara, dan lingkungan sekitarnya yang terkontaminasi. Ketika bulu babi memakan makanan atau minum air yang tercemar mikrologam, zat tersebut dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh mereka, termasuk dalam duri (Agung et al., 2023). Selain itu, partikel mikrologam juga dapat tersebar melalui udara atau tanah dan kemudian menempel pada bulu babi saat mereka berinteraksi dengan lingkungan yang tercemar (Rosiana et al., 2022).

Mikroplastik adalah partikel plastik kecil yang berukuran kurang dari 5 milimeter. Mereka dapat berasal dari berbagai sumber. Salah satunya dari pembuangan sampah plastik (Azizah et al., 2020). Plastik yang dibuang ke lingkungan dapat terurai menjadi mikroplastik melalui proses degradasi fisik dan kimia. Pencucian serat tekstil sintetis juga dapat menyebabkan produksi mikroplastik. Saat mencuci pakaian yang terbuat dari bahan sintetis seperti polyester, serat-serat mikroplastik dapat lepas dan masuk ke lingkungan melalui air limbah. Selain itu ada juga pelepasan partikel plastik dalam produksi dari pabrik. Proses manufaktur plastik dan produk-produk plastik dapat menghasilkan limbah mikroplastik (Fischer & Paglialonga, 2016). Ada juga kemungkinan penggunaan produk-produk kosmetik dan personal care juga dapat menimbulkan polutan mikroplastik. Beberapa produk kosmetik mengandung mikroplastik sebagai bahan pengikat atau pengisi, yang kemudian dapat masuk ke lingkungan setelah produk tersebut digunakan dan dibuang (Suteja et al., 2021). Kemudian yang paling sering terjadi adalah saat pecahnya ban mobil. Ban mobil yang digunakan juga dapat menyumbang pada pelepasan mikroplastik ke lingkungan saat ban tersebut mengalami abrasi atau keausan. Sumber-sumber ini bersama-sama menyebabkan penyebaran mikroplastik di lingkungan, termasuk di perairan laut, sungai, udara, dan bahkan di tanah (Suteja et al., 2021). Polusi mikroplastik memiliki dampak yang serius pada lamun. Mikroplastik dapat terperangkap di dalam jaringan lamun dan mengganggu proses fotosintesis serta

pertumbuhan yang sehat. Selain itu, konsumsi lamun yang terkontaminasi mikroplastik oleh hewan laut dapat merusak rantai makanan laut dan berpotensi berdampak pada kesehatan manusia yang mengkonsumsinya..

Ekosistem pantai adalah sebuah sistem ekologis yang terdiri dari berbagai komponen, termasuk tanah, air, tumbuhan, hewan, dan organisme mikroba, yang berinteraksi satu sama lain di wilayah antara daratan dan lautan. Ekosistem pantai sangat penting karena mereka menyediakan berbagai layanan ekosistem seperti perlindungan pesisir, penyerapan karbon, sumber daya biologis, dan nilai rekreasi. Salah satu ekosistem pantai di Bali adalah Kumpulan lamun dan Bulu babi di pantai Serangan (Agung et al., 2023). Pengaruh mikrologam dan mikroplastik terhadap ekosistem pantai sangat signifikan. Mikrologam, seperti timbal, merkuri, dan kadmium, dapat masuk ke dalam ekosistem pantai melalui limbah industri, limbah pertanian, dan limbah domestik. Ketika mikrologam ini masuk ke dalam ekosistem, mereka dapat terakumulasi dalam organisme hidup dan menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk kerusakan organisme dan gangguan pada rantai makanan (Purna et al., 2024; Suteja et al., 2021). Sementara itu, mikroplastik adalah fragmen kecil plastik yang berasal dari pembuangan sampah plastik di laut, penggunaan produk-produk plastik, dan abrasi dari material plastik yang sudah ada (nurasih et al., 2015). Mikroplastik dapat terbawa oleh arus laut dan terakumulasi di pantai. Ketika dikonsumsi oleh organisme laut atau terperangkap di dalam sedimen pantai, mikroplastik dapat menyebabkan kerusakan fisik dan biologis pada organisme, serta menyebabkan pencemaran lingkungan (Suteja et al., 2021).. Kedua jenis polutan ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem pantai, mengurangi keanekaragaman hayati, dan berpotensi membahayakan kesehatan manusia yang bergantung pada sumber daya ekosistem pantai untuk penghidupan dan rekreasi. Oleh karena itu, penting untuk mengurangi emisi mikrologam dan mikroplastik serta untuk memperkuat perlindungan dan pengelolaan ekosistem pantai secara keseluruhan. Penelitian Investigasi Pengaruh Polutan Mikrologam, dan Mikroplastik terhadap Ekosistem Pesisir Pantai Bali belum pernah dilakukan sebelumnya karena sebelumnya mungkin belum ada kesadaran yang cukup tentang potensi masalah pencemaran mikrologam dan mikroplastik serta dampaknya terhadap ekosistem pesisir. Pada masa lalu, masyarakat dan pemerintah mungkin lebih fokus pada masalah lain atau belum mengenali pentingnya masalah ini. Selain itu riset lingkungan membutuhkan sumber daya yang signifikan, baik dalam hal keuangan, personel, maupun infrastruktur. Mungkin kurangnya sumber daya telah menjadi hambatan untuk melakukan investigasi yang komprehensif mengenai dampak polutan mikrologam dan mikroplastik di Pantai Bali.

Investigasi mengenai pengaruh polutan mikrologam dan mikroplastik terhadap ekosistem pesisir Pantai Bali bertujuan untuk memahami dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran tersebut terhadap lingkungan laut, organisme hidup di dalamnya, dan juga manusia yang bergantung pada sumber daya laut tersebut. Untuk mengetahui bagaimana mikrologam dan mikroplastik mempengaruhi kualitas air, tanah, dan ekosistem pesisir secara keseluruhan. Ini dapat mencakup perubahan dalam struktur komunitas organisme laut, keragaman hayati, dan fungsi ekosistem. Meneliti potensi risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh paparan mikrologam dan mikroplastik bagi manusia, terutama mereka yang bergantung pada perikanan dan kegiatan lainnya di sekitar Pantai Bali. Ini termasuk potensi akumulasi toksin dalam organisme laut dan transfernya ke rantai makanan yang akhirnya dapat memengaruhi manusia. Investigasi ini penting untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang dampak

pencemaran mikrologam dan mikroplastik terhadap ekosistem pesisir Pantai Bali dan untuk menginformasikan kebijakan lingkungan dan tindakan pengelolaan yang lebih efektif untuk melindungi dan memelihara sumber daya laut yang penting bagi keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan manusia (nurasih et al., 2015).

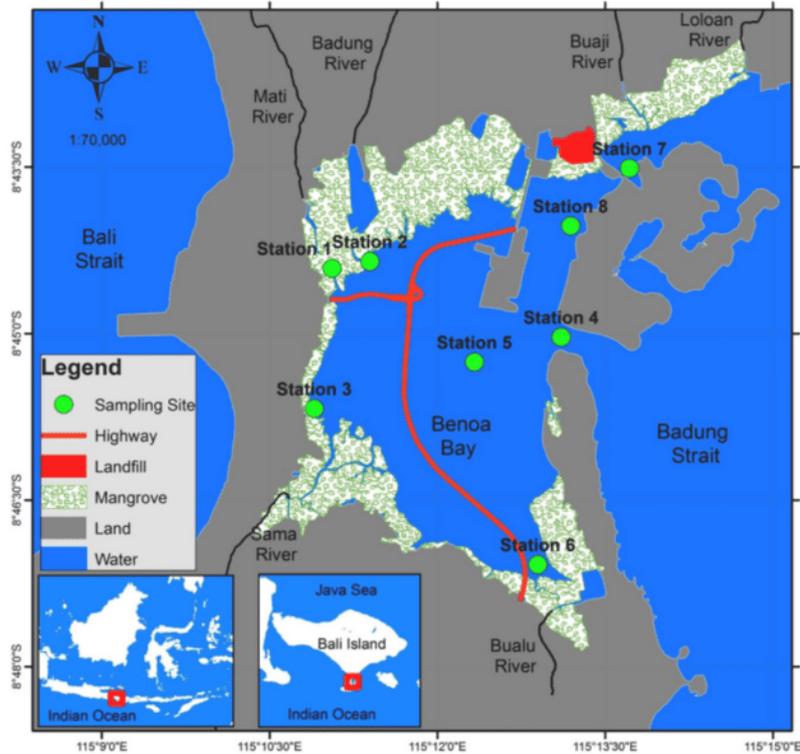
METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan menggunakan metode penelitian telaah jurnal atau studi literatur yang dilakukan pada bulan Maret sampai April 2024. Telaah jurnal yang dilakukan oleh peneliti dilakukan dengan menggunakan bantuan situs online *Science Direct*, dan *Science Mago* untuk mencari beberapa jurnal yang sesuai yang telah terbit Jurnal Google Scholar, maupun jurnal yang terbit di sumber lain (Tahri et al., 2023). Tahapan yang pertama yang kami lakukan adalah memilih jurnal yang relevan dengan topik atau bidang penelitian yang sesuai. Kami pastikan jurnal tersebut memiliki reputasi baik dan standar kualitas yang tinggi. Selanjutnya kami tinjau metodologi yang digunakan dalam artikel. Kami pertimbangkan metode penelitian tersebut tepat untuk menjawab pertanyaan permasalahan lingkungan yang ada di Bali dalam sepuluh tahun terakhir. Kemudian kami analisis secara deskriptif dan evaluatif data yang telah disajikan dan setelah itu kami pertimbangkan kesimpulan yang tepat berdasarkan data-data yang telah disajikan dalam artikel (Mudaningrat et al., 2023).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Investigasi Sampel dan Ekstrak Mikroplastik

Sampel mikroplastik diambil sesuai dengan keadaan musim. Di mana sampling dilakukan pada musim kemarau dan musim hujan. Sampling pada musim kemarau dilakukan pada bulan Mei-Oktober, sedangkan sampling pada musim hujan dilaksanakan pada bulan November-April. Pada penelitian ini sampling pada musim kemarau dilakukan pada bulan Maret 2018 dan April 2019, lalu sampling pada musim hujan dilaksanakan pada bulan Oktober 2018 dan Oktober 2019. Sampling ini dilakukan menggunakan tipe persebaran sampling *non-random purposive sampling* pada delapan stasiun di sekitar estuari Sungai Mati, Sungai Badung, dan Pantai Serangan yang Teluk Benoa sesuai dengan koordinat pada Gambar 1 (Suteja et al., 2021). Waktu pengambilan sampel ditentukan berdasarkan prediksi pasang surut di Pelabuhan Benoa yang dikeluarkan oleh Balai Riset dan Observasi Laut (BROL).



Gambar 1. Lokasi Sampling Persebaran Mikroplastik di Pesisir Teluk Benoa Bali (Suteja et al., 2021).

Pengambilan sampel mikroplastik dalam air menggunakan jaring pukat mini (ukuran mata jaring 300 μm , panjang jaring 1,5 m, luas bukaan persegi panjang 0,45 m^2) dilengkapi *flowmeter* (Hydro-Bios, model 438-115) yang dipasang di tengah bukaan. Jumlah putaran *flowmeter* pada setiap stasiun dicatat untuk menghitung volume air yang disaring. Untuk menentukan volume air yang difiltrasi, digunakan metode mengalikan area pembukaan jaring *mini manta trawl* dengan jumlah putaran di setiap lokasi dan dilakukan penyesuaian dengan faktor koreksi (0,3). Jaring mini manta ditarik sekeliling titik pengambilan sampel selama 20 menit dengan kecepatan antara 2 hingga 3 knot. Durasi penarikan dijaga agar tidak melebihi 60 menit untuk menghindari penumpukan bahan organik dan materi tersuspensi yang dapat mengganggu hasil akhir mikroplastik yang diperoleh (Fischer & Paglialonga, 2016).

Semua sampel yang didapat dikeringkan pada suhu 50 $^{\circ}\text{C}$

DDDW (Mesin Air Suling Bebas Ion). Ekstraksi dilakukan pemisahan dengan media tabung stainless steel berdiameter 3 cm yang di dalamnya terdapat *Mesh* pemisah yang ukurannya beragam dari 5mm hingga 200 μm . Setelah ekstraksi dilakukan mikroplastik akan diidentifikasi. Identifikasi mikroplastik dibagi menjadi tiga kategori; yaitu berdasarkan bentuk, ukuran, dan jenis polimer. Bentuk dan ukuran mikroplastik diidentifikasi menggunakan mikroskop stereo (Nikon Eclipse Ni-U) dilengkapi dengan kamera (Nikon DS-L4). Jenis polimer mikroplastik sebelumnya diidentifikasi dengan menggunakan spektroskopi μFTIR (JASCO FTIR Microscopes IRT-7200 VC dengan Sistem Vakum Penuh FT/IR-6800FV). FT-IR dioperasikan berdasarkan pengaturan eksperimental Löder dan Gerdts (2015), dalam mode refleksi 1x1 dengan resolusi 8 cm^{-1} , rentang 600 dan 3800 cm^{-1} , dan 32 pemindaian per analisis.

Investigasi Sampel dan Ekstrak Mikrologam

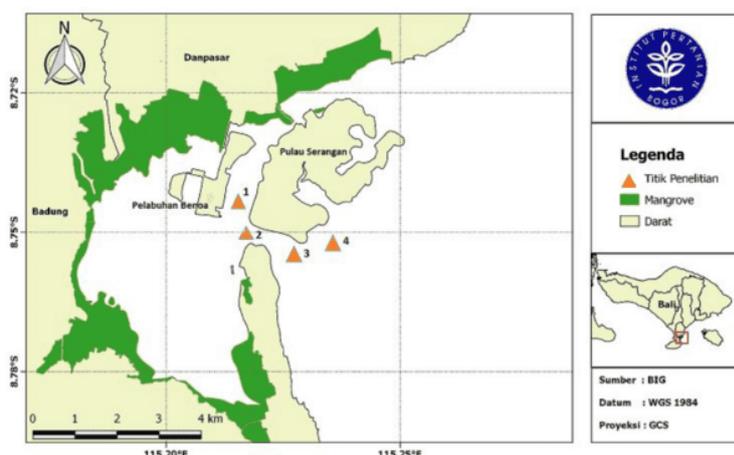
Sampel pada Mikrologam diambil pada daerah Pelabuhan Benoa (Sahara et al., 2015). Daerah Pelabuhan Benoa ini berada pada titik stasiun empat dan lima pada gambar 1. Sampel mikrologam diambil pada perairan kedalaman 10 cm, dan diambil sebanyak 500g menggunakan kantong etilen

yang kemudian dimasukkan ke dalam kotak penyimpanan dingin. Sampel yang didapat kemudian dikeringkan ke dalam oven pada suhu 50 °C kemudian disaring Kembali menggunakan ayakan

berukuran 63µm. Setelah itu sampel akan diidentifikasi menggunakan metode fraksinasi empat tahap menggunakan larutan HNO₃, CH₃COONH₄, FeCl₃.6H₂O, KmnO₄, CH₃COOH, HCl, H₂O₂, NH₂OH.HCl. untuk mengetahui seberapa banyak kadar Pb, Cr Fe dan Mn di dalamnya (Davidson et al., 1994).

Investigasi Sampel Bulu Babi dan Ekstrak Mikrologam Pb

Sampel Bulu Babi didapat dari 20 meter bibir pantai dari lima titik stasiun pengumpulan sampel. Setiap titik sampel berluas sekitar 500 m². Pengambilan Bulu Babi diambil secara acak di lima titik pengambilan, dan setiap titik diambil lima ekor bulu babi dan 600 ml air laut tempat mereka tinggal.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel Bulu Babi di Pantai Serangan (Agung et al., 2023).

Sampel Bulu Babi yang diambil kemudian dikeringkan dan dioven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Kemudian gonad dari bulu babi tersebut diambil dan diekstrak menggunakan H₂SO₄ dan HNO₃ metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) untuk pengambilan ekstrak Pb di dalamnya. Setelah hasil konsentrasi Pb dari AAS dihitung nanti hasil akan dibandingkan dengan baku mutu dari SNI dan OSPAR.

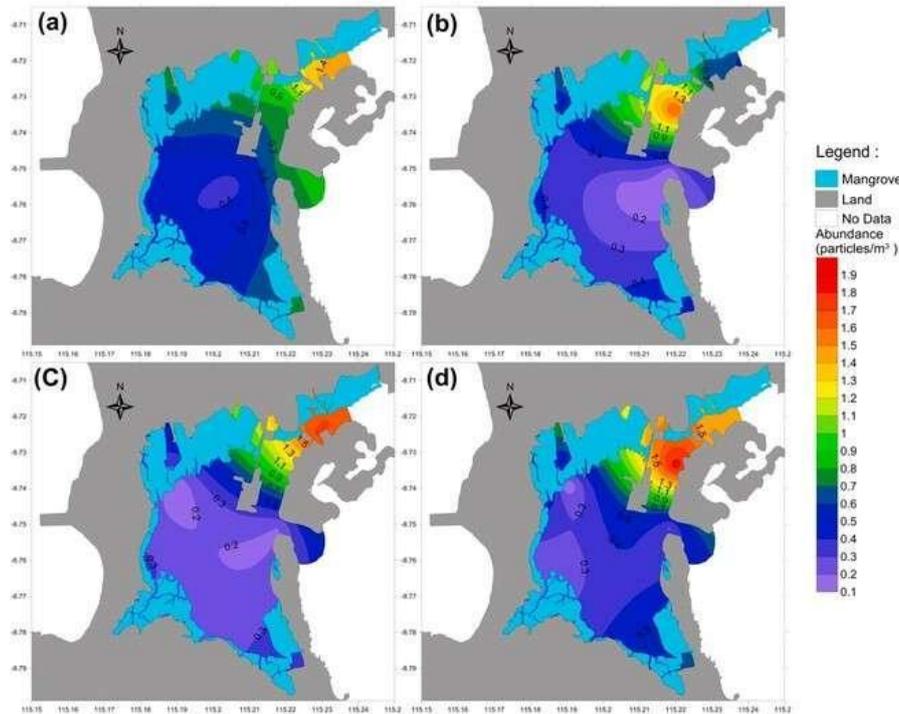
Investigasi Sampel Lamun dan Ekstrak Mikrologam di dalamnya

Sampel lamun yang digunakan dalam penelitian ini diambil menggunakan metode *kuadrat transek* 1 x 1 m yang dilakukan pengambilan satu persatu secara paralel hingga 50 meter di sekitar Pantai Serangan. Lima puluh Sampel diambil dengan cara yang sama dengan pengambilan babi laut. Namun untuk ekstraksi mengalami perbedaan suhu saat mengeringkan. Pengeringan Lamun dikeringkan ke dalam oven pada suhu 80°C yang kemudian didistilasi menggunakan HClO₄ dan HNO₃ menggunakan metode

FAO. Sedangkan untuk analisis konsentrasi mikrologam menggunakan metode yang sama dengan Bulu Babi yaitu dengan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Selanjutnya konsentrasi hasil akan dibandingkan dengan baku mutu dari SNI dan OSPAR.

Investigasi Kelimpahan Mikroplastik

Sampel mikroplastik yang didapatkan dari sampel memiliki hasil kelimpahan sesuai dengan perluasan dan warna yang ada di gambar 3.



Gambar 3. Kelimpahan Mikroplastik di daerah sekitar Pantai Serangan Bali a) Pelimpahan Mikroplastik pada Oktober Tahun 2018 b) Pelimpahan Mikroplastik pada April Tahun 2019 c) Pelimpahan Mikroplastik pada Oktober Tahun 2019 d) Pelimpahan Mikroplastik pada Permukaan Perairan (Suteja et al., 2021)

Tabel 1. Kelimpahan Mikroplastik di daerah sekitar Pantai Serangan Bali (Suteja et al., 2021)

Kelimpahan Mikroplastik (partikel/m ³)					
No	Periode Sampling	Minimum	Maximum	Rata-Rata	Standar Deviasi
1	Maret 2018	0.36	1.41	0.69	0.32
2	Oktober 2018	0.15	1.65	0.54	0.47
3	April 2019	0.13	1.71	0.54	0.57
4	Oktober 2019	0.11	1.88	0.70	0.63
5	Musim Hujan	0.13	1.71	0.61	0.46
6	Musim Kemarau	0.11	1.88	0.62	0.55
7	Keseluruhan	0.11	1.88	0.62	0.50

Berdasarkan gambar 3 diatas persebaran mikroplastik paling banyak (>1.3 partikel/ m^3) berada di sekitar stasiun tujuh dan stasiun delapan yang berada pada pantai bagian utara pulau serangan. Sedangkan persebaran mikroplastik paling sedikit (± 0.2 partikel/ m^3) adalah bagian perairan yang mendekati sungai badung dan bagian pantai serangan yang paling sedikit kandungan mikroplastiknya (± 0.5 partikel/ m^3) adalah bagian tabel 1 dari pantai serangan yang kebetulan juga merupakan daerah paling banyak dari biota flora dan fauna di temui. Kelimpahan mikroplastik menurut tabel 1 juga terpengaruh dari periode musim pengambilan sampel oleh peneliti, di mana pada musim hujan sampah mikroplastik jumlahnya lebih sedikit dari pada saat musim kemarau. Kemungkinan hal tersebut bisa terjadi karena sampah mikroplastik terbawa hujan ke daerah laut yang lebih luas.

Investigasi Kelimpahan dan Konsentrasi Mikrologam

Kelimpahan mikrologam memiliki persebaran yang lumayan memiliki kelimpahan yang sama dari kelimpahan mikroplastik yang ada di sekitar pantai serangan Bali. Mikrologam yang ditemukan biasanya berupa sisa dari sampah kaleng dan juga peralatan berenang dari turis ataupun wahana wisata. Perbandingan berat mikroplastik dan mikrologam sekitar satu banding delapan dari keseluruhan sampah mikro yang dikumpulkan (Dewi et al., 2014). Untuk berat atau konsentrasi logam yang lebih akurat ditunjukkan melalui hasil fraksinasi logam yang memiliki hasil seperti pada tabel 2,3,4 dan 5.

Tabel 2. Konsentrasi dan Persentase (%) Logam Pb yang Terekstraksi (Dewi et al., 2014).

Tahap Fraksinasi	Konsentrasi (mg/Kg)	Persentase Terekstraksi (%)
Tahap I (EFLE)	2,8394	12,14
Tahap II (Fe/Mn Oksida)	3,0863	13,19
Tahap III (Organik Sulfida)	13,4564	57,51
Tahap IV (Resistant)	3,2406	13,85
Jumlah	22,6228	96,69
Logam Total	23,3974	

Tabel 3. Konsentrasi dan Persentase (%) Logam Cr yang Terekstraksi (Dewi et al., 2014).

Tahap Fraksinasi	Konsentrasi (mg/Kg)	Persentase Ter Ekstraksi (%)
Tahap I (EFLE)	1,7450	7,00
Tahap II (Fe/Mn Oksida)	3,1191	12,51
Tahap III (Organik Sulfida)	17,7150	71,04
Tahap IV (Resistant)	3,2936	13,21
Jumlah Logam Total	25,8727	103,76

Tabel 4. Konsentrasi dan Persentase (%) Logam Fe Terekstraksi dengan Ekstraksi Bertahap (Sahara et al., 2015) .

Tahap Fraksinasi	Konsentrasi (mg/kg)	Persentase Ter Ekstraksi (%)
Tahap I (EFLE)	185,3814	27,74
Tahap II (Fe/Mn Oksida)	157,4079	23,55
Tahap III (Organik Sulfida)	168,0019	25,14
Tahap IV (Resistant)	157,5036	23,57
Logam Total	668,2948 ± 1,9445	

Tabel 5. Konsentrasi dan Persentase (%) Logam Mn Terekstraksi dengan Ekstraksi Bertahap (Sahara et al., 2015)

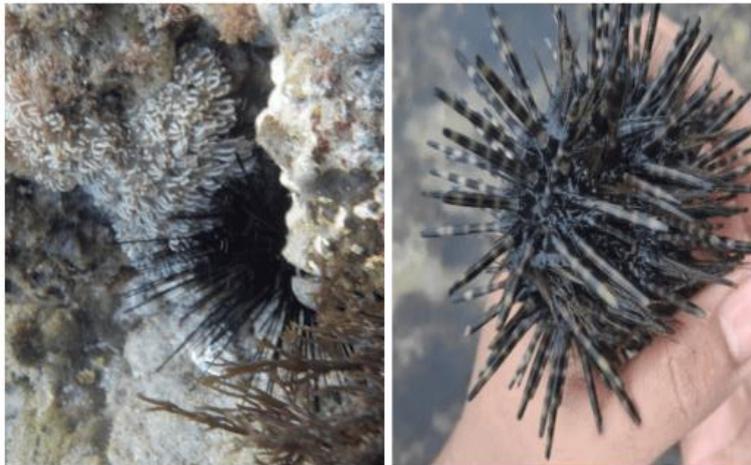
Tahap Fraksi	Konsentrasi (mg/kg)	Persentase Ter Ekstraksi (%)
Tahap I (EFLE)	78,1703	24,31
Tahap II (Fe/Mn Oksida)	64,2844	19,99
Tahap III (Organik Sulfida)	83,9564	26,11
Tahap IV (Resistant)	157,5036	29,59
Logam Total	321,5761 ± 9,5954	

Berdasarkan tabel 2,3,4 dan 5 diatas dapat disimpulkan bahwa pada penelitian-penelitian ini ditemukan sekitar ± 23,40 mg/kg Logam Pb, ± 24,94 mg/kg Logam Cr, ± 668, 29 mg/kg Logam Fe, dan ± 321, 58 mg/kg Logam Mn (Dewi et al., 2014; Sahara et al., 2015). Dari Hasil yang didapatkan dari tabel tersebut jumlah logam yang ada akan cenderung berbahaya apabila masuk ke dalam hewan di mana pada

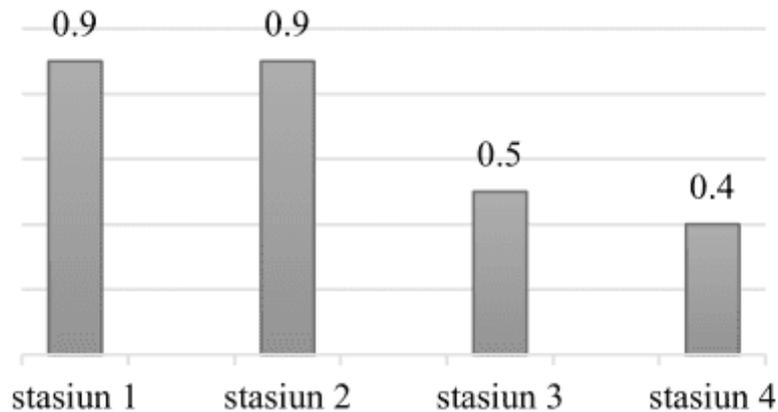
kadar SNI hanya 0,3 mg/kg logam yang bisa masuk ke tubuh sedangkan OSPAR hanya 0,5 mg/kg (Habibi, 2020; OSPAR, 1993). Kelebihan mikrologam berjenis logam berat dalam tubuh dapat memiliki dampak yang serius pada kesehatan manusia. Logam berat adalah jenis logam dengan densitas tinggi dan biasanya memiliki toksisitas yang tinggi dalam jumlah tertentu. Beberapa logam berat yang umum dikenal berpotensi berbahaya bagi kesehatan manusia termasuk timbal (Pb), Mangan (Mn), Kromium (Cr), kadmium (Cd), dan besi (Fe). Logam berat seperti timbal dan mangan dapat menyebabkan kerusakan pada sistem saraf. Ini bisa mengakibatkan gangguan perilaku, masalah kognitif, gangguan perkembangan pada anak-anak, kejang, dan bahkan kerusakan permanen pada otak (Butarbutar et al., 2024). Kadmium dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal. Logam berat ini dapat mengganggu fungsi normal ginjal dan menyebabkan gagal ginjal, yang dapat mengancam jiwa jika tidak diobati (Nova Victoria et al., 2024). Asap dari pembakaran logam berat seperti timbal dan besi dapat menyebabkan gangguan pernapasan dan penyakit paru-paru seperti asma, bronkitis, atau bahkan kanker paru-paru (Nova Victoria et al., 2024). Beberapa logam berat, seperti kadmium, diketahui bersifat karsinogenik dan dapat meningkatkan risiko terjadinya kanker jika terpapar dalam jangka waktu yang lama. Paparan logam berat seperti timbal dan kromium dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh, membuat tubuh lebih rentan terhadap infeksi dan penyakit (Jati et al., 2024).

Investigasi Kadar Mikrologam dan Mikroplastik pada Bulu Babi

Mayoritas Bulu Babi yang didapatkan saat pengambilan sampel merupakan bulu babi yang memiliki jenis *Echinothrix diadema*, *Diadema setosum*, dan *Echinothrix calamaris*, (Gambar 4) dari famili Diadematidae. Jenis bulu babi yang paling sering ditemukan adalah jenis *Echinothrix diadema* dengan ciri-ciri memiliki ukuran tubuh luar yang lumayan besar, tubuh yang ditumbuhi oleh duri yang lebih panjang dari spesies lain dan warna keseluruhan tubuhnya yang hitam pekat. Kadar logam Pb pada Bulu Babi tertera pada Gambar 5



Gambar 4. Beberapa Jenis Bulu Babi yang di dapat saat Pengambilan Sampel di Pantai Serangan (Agung et al., 2023).



Gambar 5. Perbedaan Konsentrasi logam Pb pada Bulu Babi di setiap stasiun (Agung et al., 2023)

Berdasarkan Gambar 5 konsentrasi logam Pb pada semua stasiun telah jauh melampaui kadar pangan SNI yang maksimal hanya dapat mengandung 0,3 mg/kg logam, dan stasiun satu dan dua juga telah melampaui kadar pangan SNI yang maksimal hanya dapat mengandung 0,5 mg/kg logam (Habibi, 2020). Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa Bulu Babi yang ditemukan sebagian besar telah cemar polutan mikrologam yang berlebih dan tidak cocok dikonsumsi oleh warga Indonesia (Agung et al., 2023).

Tabel 6. Jumlah Mikroplastik pada Bulu Babi (Lolodo & Nugraha, 2019)

Sampel	Fiber (partikel/m ³)	Filamen (partikel/m ³)	Fragmen (partikel/m ³)	Microfiber (partikel/m ³)	TOTAL (partikel/m ³)
BB_1	21	2	5	7	35
BB_2	23	0	4	3	30
BB_3	18	1	1	2	22
BB_4	12	0	0	4	16
BB_5	19	0	2	2	23
BB_6	12	0	2	3	17
BB_7	11	1	2	5	19
BB_8	6	0	1	1	8
BB_9	12	1	4	2	19
BB_10	21	0	4	9	34
Rata-rata	15,5	0,5	2,5	3,8	22,3



Gambar 6.1 Mikroplastik Jenis Filamen (Lolodo & Nugraha, 2019)



Gambar 6.2 Mikroplastik Jenis Mikrofiber (Lolodo & Nugraha, 2019)



Gambar 6.3 Mikroplastik Jenis Fiber (Lolodo & Nugraha, 2019)



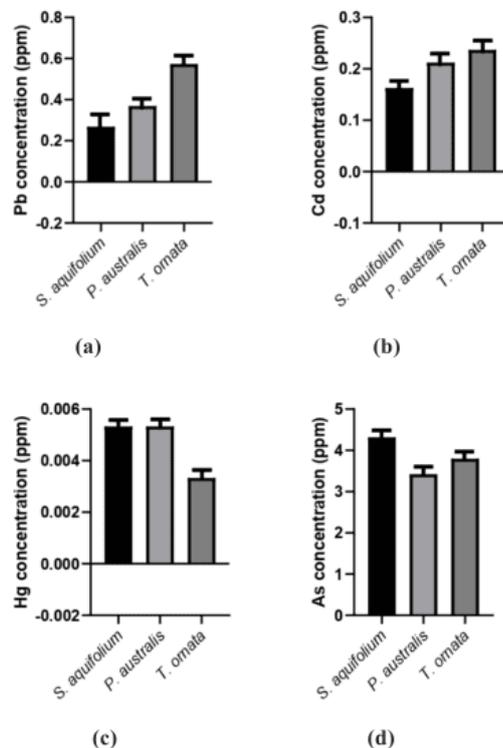
Gambar 6.3 Mikroplastik Jenis Fragmen (Lolodo & Nugraha, 2019)

Beberapa jenis bulu babi terdapat tidak sengaja juga mengkonsumsi partikel mikroplastik seperti pada Gambar 6. Menurut SNI kadar mikroplastik yang ada pada bulu babi juga telah melewati batas rata-rata 0,5 partikel/m³. Sehingga dapat disimpulkan selain tercemar oleh mikrologam bulu babi juga tidak dapat dikonsumsi karena kadar mikroplastik-nya yang juga terlalu pekat untuk bisa dikonsumsi tanpa terkena efek negatif yang terlihat (Lolodo & Nugraha, 2019). Konsumsi bulu babi yang terpapar mikrologam dan mikroplastik bisa berpotensi mengakibatkan beberapa dampak kesehatan yang serius, terutama jika terjadi dalam jangka waktu yang panjang. Jika bulu babi terpapar mikrologam seperti timbal, kadmium, raksa, atau arsenik, konsumsi bulu babi tersebut dapat menyebabkan keracunan logam berat.

Keracunan logam berat dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti kerusakan pada sistem saraf, ginjal, hati, serta gangguan pada sistem kardiovaskular dan sistem reproduksi (Jati et al., 2024; Nova Victoria et al., 2024). Salah satu bahaya dari paparan mikrologam dan mikroplastik adalah kemampuannya untuk mengakumulasi dalam tubuh. Meskipun partikel-partikel ini mungkin sangat kecil, mereka dapat menumpuk dalam jaringan tubuh seiring waktu dan menyebabkan kerusakan yang signifikan. Selain logam berat, mikroplastik juga dapat mengandung bahan kimia berbahaya seperti bisphenol A (BPA) dan ftalat, yang telah terkait dengan berbagai masalah kesehatan seperti gangguan hormonal, gangguan perkembangan, dan risiko kanker. Penting untuk diingat bahwa penelitian tentang dampak kesehatan dari paparan mikrologam dan mikroplastik masih dalam tahap awal, dan masih banyak yang perlu dipelajari tentang potensi risiko tersebut. Namun, sebagai tindakan pencegahan, penting untuk membatasi paparan terhadap mikrologam dan mikroplastik dengan mengonsumsi makanan yang bersih dan memperhatikan kualitas makanan yang dikonsumsi. Selain itu, upaya untuk mengurangi polusi lingkungan dan meningkatkan manajemen limbah juga diperlukan untuk mengurangi paparan mikrologam dan mikroplastik dalam lingkungan.

Investigasi Kadar Mikrologam dan Mikroplastik pada Lamun

Mayoritas lamun yang didapatkan saat pengambilan sampel merupakan lamun yang memiliki jenis *S. Aquifolium*, *P. Australis*, dan *T. Omata* (Gambar 7). Jenis lamun yang paling sering ditemukan adalah jenis *S. Aquifolium*. Kadar logam Pb, Cd, Hg, As pada Lamun tertera pada Gambar 7



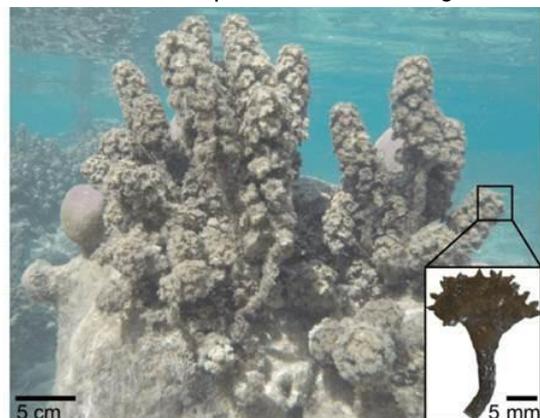
Gambar 7. Konsentrasi logam Pb, Cd, Hg, As pada Lamun (Rosiana et al., 2022)



Gambar 8. Foto Spesies Lamun *Sargassum aquifolium* (Coppejans et al., 2017).



Gambar 9. Foto Spesies Lamun *Phragmites australis* (Christie Wilcox, 2021).



Gambar 10. Foto Spesies Lamun *Turbinaria ornata* (Sirison & Burnett, 2020)

Biota lamun pantai pada beberapa penelitian dalam sepuluh tahun terakhir masih belum terkontaminasi oleh mikroplastik tetapi biota lamun ini masih tercemar oleh beberapa mikrologam. Namun walau lamun tercemar polutan mikrologam seperti pada gambar 7, sesuai dengan Peraturan tahun 2019 BPOM No. 32 kadar logam yang didalamnya masih termasuk dalam kadar yang aman dikonsumsi oleh manusia. Namun tetap saja berbahaya apabila rumput laut ini dikonsumsi sepuluh kali dari kadar normal (Rosiana et al., 2022). Konsumsi lamun yang terkontaminasi mikroplastik dan mikrologam berlebihan dapat meningkatkan risiko keracunan logam berat seperti timbal, merkuri, arsenik, dan kadmium. Keracunan logam berat dapat menyebabkan kerusakan organ dalam, gangguan sistem saraf, dan masalah kesehatan lainnya (Butarbutar et al., 2024; Hunt et al., 2024; Purna et al., 2024). Mikroplastik dan mikrologam yang terakumulasi dalam lamun dapat mempengaruhi kesehatan organisme tersebut dan

meningkatkan risiko penyakit pada lamun (Blossey et al., 2020; Habibi, 2020; Sirison & Burnett, 2020). Hal ini dapat mengganggu pertumbuhan, reproduksi, dan kelangsungan hidup lamun secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan dan mengurangi paparan terhadap lamun yang tercemar mikroplastik dan mikrologam. Upaya untuk mengurangi pencemaran plastik dan logam berat dalam lingkungan laut sangatlah penting untuk menjaga kesehatan lamun dan ekosistem laut secara keseluruhan. Upaya seperti bioremediasi dan penanggulangan pembuangan sampah sembarangan juga sangat dianjurkan untuk mengurangi paparan mikrologam dan mikroplastik selanjutnya pada ekosistem pantai Bali (Nurasih et al., 2015).

SIMPULAN

Investigasi pengaruh polutan mikrologam dan mikroplastik pada beberapa penelitian ini menunjukkan hasil yang memuaskan dan diharapkan berguna untuk penelitian lebih lanjut ke depannya. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal diantara adalah; 1) Mikroplastik banyak ditemukan pada musim kemarau dan sebagian besar plastik berkumpul di daerah utara pulau serangan, 2) Biota Babi Laut pada pesisir pantai Bali merupakan hewan yang menyerap mikrologam terbanyak daripada biota-biota lainnya, 3) Biota Babi Laut secara teori tidak sehat untuk dikonsumsi karena menurut SNI dalam kadar pangan terbukti memiliki kadar polutan mikrologam dan mikroplastik yang sangat banyak di dalamnya, 4) Biota Lamun di pesisir pantai Bali secara SNI aman dikonsumsi walaupun terdapat polutan di dalamnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya atas kontribusi dan dukungan yang telah diberikan dalam proses review jurnal ini. Tanpa kerjasama dan kontribusi yang luar biasa dari Universitas Airlangga dan para pengarang jurnal rujukan, pencapaian ini tidak akan terwujud dengan baik. Terima kasih kepada Universitas Airlangga atas sumber daya dan fasilitas yang telah disediakan, serta dukungan yang tak kenal lelah dalam mendukung kegiatan penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan.

RUJUKAN

- Agung, G., Yulianto, G., Aquatica, A. D.H. (2023). Concentration of heavy metal (Pb) in the body of sea urchins at Serangan Beach, Bali. *Habitus Aquatica*, 4(2), 44–51. <https://doi.org/10.29244/HAJ.4.2.44>
- Arentoft, M., Paldan, N. A., Eriksen, R. S., & Hansen, H. N. (2007). Innovationskonsortiet Mikrometal: Cold forging of industrial micro components. *Metallurgi, Design Og Innovation: Vintermøde 2007*.
- Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(3), 326–332.
- Bagus, I., Asmara, G., Ketut, I., Sugita, G., & Priambadi, I. G. N. (2015). Pengaruh temperatur penguapan terhadap fluiditas dan struktur mikro logam kuningan pada metode evaporative casting. *Ojs.Unud.Ac.Id*, 1–6. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jem/article/download/37368/22660>
- Butarbutar, A. R., Dewi, R. D. L. P., Auliani, R., Farlina, B. F., Oktavia, S., Wiranti, B., & Apsari, D. A. (2024). EVALUASI RISIKO KESEHATAN AKIBAT PAPARAN LOGAM BERAT DALAM AIR MINUM:

STUDI EPIDEMIOLOGI LINGKUNGAN. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran (JRPP)*, 7(1), 3078–3086.

Christie Wilcox. (2021, December 23). *Genome Spotlight: Common Reed (Phragmites australis) | The Scientist Magazine®*. TheScientist. <https://www.the-scientist.com/genome-spotlight-common-reed-phragmites-australis-69536>

Coppejans, E. (Eric), Prathep, A., Lewmanomont, K., Hayashizaki, K., De Clerck, O., Leliaert, F., & Terada, R. (2017). Seaweeds and seagrasses of the Southern Andaman Sea Coast of Thailand. *Kagoshima University Museum*, 244.
https://www.researchgate.net/publication/316796669_Seaweeds_and_seagrasses_of_the_southern_Andaman_Sea_coast_of_Thailand

Davidson, J. A., Poggie, R. A., & Mishra, A. K. (1994). Abrasive wear of ceramic, metal, and UHMWPE bearing surfaces from third-body bone, PMMA bone cement, and titanium debris. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 4(3), 213–229.

Dewi, N., Sahara, E., & Laksmiwati, A. (2014). Fraksinasi dan bioavailabilitas logam Pb dan Cr dalam sedimen di Pelabuhan Benoa. *Jurnal Kimia*, 8(1), 63–69.

Firdaus, M., Wiyono, S., Afidah, D. I., & Hidayattullah, M. F. (2024). Aplikasi Pemandu Wisata Berbasis Android Untuk 10 Wisata Bali Baru. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 9(1), 62–71.

Fischer, E., & Paglialonga, L. (2016). Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments—a case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *ElsevierEK Fischer, L Paglialonga, E Czech, M TammingaEnvironmental Pollution, 2016•Elsevier*.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749116301932?casa_token=EXE572oqc4oAAA:96LjttWVYB-qJFPxV1jwDfMpxPcAyt3tivqniEj4LHf_HrlboVVSD8d5JmVFYFvYMcuLbaYj6M

Habibi, Y. (2020). Validasi metoda destruksi basah dan destruksi kering pada penentuan logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam tanaman rumput. *Integrated Lab Journal*, 8(1), 25–31.

Hunt, K., Davies, A., Fraser, A., Burden, C., Howell, A., Buckley, K., Harding, S., & Bakhbaki, D. (2024). Exposure to microplastics and human reproductive outcomes: A systematic review. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 131(5), 675–683. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.17756>

Jati, E. D., Murti, S. H., Susilo, B., Amru, K., Ningrum, M. H., & Fahmi, S. (2024). Analisis Kadar Logam Berat Kromium (Cr) dalam Air dan Ikan Akibat Pembuangan Limbah Industri Penyamakan Kulit di Sungai Opak, Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI*, 5(1). <https://doi.org/10.31315/PSB.V5I1.11674>

Lolodo, D., & Nugraha, W. A. (2019). Mikroplastik pada bulu babi dari rata-rata terumbu Pulau Gili Labak Sumenep. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 12(2), 112–122.

Mudaningrat, A., Shinta Indriani, B., Istianah, N., Retnoningsih, A., Suwarsi Rahayu, E., & Studi Pendidikan, P. (2023). Literature Review: Pemanfaatan Jenis-Jenis Syzigium di Indonesia. *Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya (JB&P)*, 10(2), 135–156. <https://doi.org/10.29407/JBP.V10I2.20815>

- Nova Victoria, E., Putri Wulandari, S., Harningsih, T., Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, S., Raya Solo - Baki, J., Sukoharjo, K., & Tengah, J. (2024). Profil Logam Berat Timbal dalam Rambut Pekerja Ojek Online terhadap Tekanan Darah dan Durasi Lama Bekerja. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 14(3), 1125–1130. <https://doi.org/10.32583/PSKM.V14I3.2083>
- Nurasih, A., Widya, T.Y, Krisnawati, & Santoso, A. M. (2015). Rancang Bangun Moolief Bioreactor untuk Remediasi Air Sungai Tercemar Limbah Industri Kertas di Daerah Kertosono-Nganjuk. *Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya (JB&P)*, 2(1). <https://doi.org/10.29407/JBP.V2I1.322>
- OSPAR. (1993). Ospar Commission For The Protection Of The Marine Enviroment Of The North-East Atlantic. . London: *Ospar Commission*, 155.
- Pranaliwa, I. P. A., Rokhmawati, R. I., & Wijoyo, S. H. (2024). Perancangan User Experience Aplikasi Reservasi Online Pada Grahadi Bali Menggunakan Metode Design Thinking. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 11(1), 135–144.
- Purna, M., Putri, M. P., & Azizah, L. N. (2024). Analisis Kadar Pb dan Cd dalam Rambut Masyarakat pada Wilayah Tambang Batubara Kalimantan. *JSN: Jurnal Sains Natural*, 2(1), 5–10.
- Rosiana, I. W., Permatasari, A. A. A. P., Murna, I., Wiradana, P. A., Pelupessy, Y. A. E. G., Dame, M. V. O., Soegianto, A., Yulianto, B., & Widhiantara, I. G. (2022). Concentrations of Heavy Metals in Three Brown Seaweed (Phaeophyta: Phaeophyceae) Collected from Tourism Area in Sanur Beach, Coast of Denpasar, Bali and Public Health Risk Assessment. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 14(2).
- Rusmiyanti, G. A. K. B., Palguna, I. K. E., & Ariyoga, I. N. (2024). STRATEGI BRANDING MUSEUM GEDONG KIRTYA DALAM MENINGKATKAN DAYA TARIK PENGUNJUNG. *Jurnal Mahasiswa Prodi Ilmu Komunikasi*, 3(2).
- Sahara, E., Widihati, I. A. G., & Putra, I. G. D. (2015). Fraksinasi dan bioavailabilitas logam berat Fe dan Mn pada sedimen di Pelabuhan Benoa. *Jurnal Kimia*, 9(1), 124–131.
- Sirison, N., & Burnett, N. P. (2020). *Turbinaria ornata* (Phaeophyceae) varies size and strength to maintain environmental safety factor across flow regimes. *Journal of Phycology*, 56(1), 233–237. <https://doi.org/10.1111/JPY.12933>
- Suteja, Y., Atmadipoera, A. S., Riani, E., Nurjaya, I. W., Nugroho, D., & Cordova, M. R. (2021). Spatial and temporal distribution of microplastic in surface water of tropical estuary: Case study in Benoa Bay, Bali, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 163, 111979.
- Tahri, H., S., Ummah, N. A., Septiana, Y., & Yusuf, A. D. (2023). Literature Review: Winogradsky Column sebagai Metode Biologis untuk Degradasi Masker Medis (Disposable Mask). *Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya (JB&P)*, 10(2), 112–118. <https://doi.org/10.29407/JBP.V10I2.19475>