

**Analisis Kadar Logam Berat Timbal, Kadmium dan Arsen pada Kerang
Darah (*Anadara granosa*) dan Kerang Kepah (*Polymesoda erosa*) di
Kabupaten Pangkep**

*Analysis of Heavy Metal Levels of Lead, Cadmium and Arsenic in Blood Clams (*Anadara granosa*) and Crab Clams (*Polymesoda erosa*) in Pangkep Regency*

Jumliati Nur Rosali

Prodi D-IV Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Makassar
E-mail: jumliati_nur_rosali_tlm_20@poltekkes-mks.ac.id dan No. HP: 085298826005

ABSTRACT

*Seawater pollution in Pangkep Regency is caused by various human activities such as PT Semen Tonasa industry, marble stone industry, agriculture, land and sea transportation, household waste and PT Semen Tonasa power plant. The most dangerous seawater pollution for human health is heavy metals. This study aims to determine the content of heavy metals lead (Pb), cadmium (Cd) and arsenic (As) in blood clams (*Anadara granosa*) and crab clams (*Polymesoda erosa*) in Pangkep Regency. This type of research is qualitative. The sample population in this study were blood clams and crab clams traded in the central market of Pangkep and Maccini Baji Fish Auction Place (TPI). The sampling technique was done by accidental sampling and 14 samples were obtained, namely 7 samples of blood clams and 7 samples of crab clams. This research was conducted at the Makassar Community Laboratory Center. Measurement of heavy metals lead, cadmium and arsenic using Atomic Absorption Spectrophotometer (SSA). The results showed that the heavy metal content for arsenic was 2 out of 14 mussel samples exceeded the arsenic level set by the Indonesian National Standard (SNI) 7387:2009 which is 1.0 mg/kg. The highest arsenic level in both types of shellfish was 1.5292 mg/kg. While 14 mussel samples were below the normal value of lead levels set by the Indonesian National Standard of 1.5 mg/kg. The highest lead level of both types of shellfish was 0.8493 mg/kg. And for 14 samples of shellfish were below the normal value of cadmium levels set by the Indonesian National Standard of 1.0 mg/kg. The highest cadmium level of both types of shellfish is 0.6617 mg/kg. Based on the Indonesian National Standard (SNI) 7387:2009 on the maximum limit of heavy metal contamination in food, the normal threshold for lead in shellfish is 1.5 mg/kg, the normal threshold for cadmium in shellfish is 1.0 mg/kg and the normal threshold for arsenic is 1.0 mg/kg.*

Keywords: *Blood Clam (*Anadara granosa*) and Crab Clam (*Polymesoda erosa*), Lead (Pb), Cadmium (Cd), Arsenic (As), AAS.*

ABSTRAK

Pencemaran air laut di Kabupaten Pangkep diakibatkan oleh berbagai aktivitas manusia seperti industri PT. Semen Tonasa, industri batu marmer, pertanian, transportasi darat maupun laut, limbah rumah tangga dan PLTU PT Semen Tonasa. Pencemaran air laut yang paling berbahaya bagi kesehatan manusia adalah logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd) dan arsen (As) pada kerang

darah (*Anadara granosa*) dan kerang kepah (*Polymesoda erosa*) di Kabupaten Pangkep. Jenis penelitian ini bersifat kualitatif. Populasi sampel dalam penelitian ini adalah kerang darah dan kerang kepah yang diperjualbelikan di pasar sentral Pangkep dan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Maccini Baji. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara accidental sampling didapatkan 14 sampel yaitu 7 sampel kerang darah dan 7 sampel kerang kepah. Penelitian ini dilakukan di Balai Besar Laboratorium Masyarakat Makassar. Pengukuran logam berat timbal, kadmium dan arsen menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan kandungan logam berat untuk arsen yaitu 2 dari 14 sampel kerang melebihi kadar arsen yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) 7387:2009 yaitu 1,0 mg/kg. Kadar arsen tertinggi pada kedua jenis kerang yaitu 1,5292 mg/kg. Sedangkan 14 sampel kerang berada di bawah nilai normal kadar timbal yang telah ditetapkan Standar Nasional Indonesia yaitu 1,5 mg/kg. Kadar timbal tertinggi dari kedua jenis kerang yaitu 0,8493 mg/kg. Dan untuk 14 sampel kerang berada di bawah nilai kadar normal kadmium yang telah ditetapkan Standar Nasional Indonesia yaitu 1,0 mg/kg. Kadar kadmium tertinggi dari kedua jenis kerang yaitu 0,6617 mg/kg. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7387:2009 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan ambang batas normal timbal dalam kerang adalah 1,5 mg/kg, ambang batas normal kadmium dalam kerang adalah 1,0 mg/kg dan ambang batas normal arsen adalah 1,0 mg/kg.

Kata Kunci : Kerang Darah (*Anadara granosa*) dan Kerang Kepah (*Polymesoda erosa*), Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Arsen (As), SSA.

PENDAHULUAN

Pencemaran air adalah salah satu masalah yang paling umum ditemukan, dan studi lingkungan terhadap badan air dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut. Pencemaran air bisa terjadi baik pada air sumur, sungai maupun laut. Menurut Pasal 11 ayat (19) UU Cipta Kerja Tahun 2020, pencemaran laut terjadi ketika bahan, energi, makhluk hidup, atau unsur lain masuk ke dalam lingkungan laut sebagai akibat dari kegiatan manusia, sehingga tingkat pencemaran tersebut menyebabkan lingkungan laut tidak lagi memenuhi standar kualitas dan/atau fungsionalitas yang diperlukan. Terdapat berbagai sumber polutan yang dapat mencemari wilayah pesisir dan laut (Hamuna et al., 2018).

Pencemaran air laut yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia adalah logam berat. *World Health Organization* (WHO) dan *Food and Agriculture Organization* (FAO) menyarankan agar makanan laut yang terkontaminasi logam berat tidak dikonsumsi. Sudah sejak lama diketahui bahwa logam berat memiliki potensi toksisitas yang sangat tinggi dan penumpukan dalam tubuh manusia. Bahkan, banyak di antaranya yang berakibat fatal seperti kematian (Sukma, 2020).

Sungai Pangkajene merupakan sungai yang terletak di Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep). Lokasi sungai yang dekat dengan berbagai aktivitas manusia yang berpotensi mencemari ekosistem sungai telah menyebabkan kualitas air disungai Pangkajene menurun dalam beberapa tahun terakhir. Logam berat dapat terbawa oleh air sungai ke daerah pesisir, sehingga dapat mengganggu aktivitas akuatik normal, dan sebagian besar logam berat dapat menyebabkan ancaman serius bagi masyarakat yang menggunakan air yang terkontaminasi untuk minum, irigasi, dan rekreasi. Selain itu, populasi di daerah

pesisir lebih rentan terhadap paparan logam berat melalui asupan makanan, terutama dari organisme air seperti kerang, ikan dan udang yang merupakan sumber makanan bergizi. Ikan bandeng dan kerang biasanya dikonsumsi oleh masyarakat Pangkep dan menjadi sumber protein yang penting (Astuti et al., 2022). Masalah lain yang ditemukan adalah tercemarnya tambak Biringkassi oleh limbah dari PT Semen Tonasa, yang dapat berpindah dari satu area ke area lainnya dan dapat terakumulasi bersama air tambak, sehingga dapat mengganggu sistem kehidupan tambak (Putri & Nasruddin, 2023).

Logam berat yang mencemari perairan dapat menjadi ancaman bagi biota laut, termasuk organisme yang mendiami perairan tersebut, serta manusia dan tumbuhan yang bergantung pada sumber air tersebut. Logam berat dalam air umumnya berasal dari aktivitas manusia, seperti limbah rumah tangga, limbah industri, dan lain-lain. Logam berat mempunyai karakteristik kumulatif di lingkungan (Darmawan, Sudrajat & Rahayu, 2020).

Konsentrasi logam berat lebih tinggi daripada air, mengakibatkan penumpukan logam berat yang dapat mengendap dalam sedimen. Logam berat akan terakumulasi dan mengendap dalam sedimen serta detritus. Setelah mengendap di dasar, arus pasang surut dapat mengembalikannya ke air dan menyebar ke segala arah. Ketika logam berat mencemari perairan, biota laut dapat mengakumulasi logam berat melalui pencernaan, pernapasan, dan penetrasi kulit. Moluska, yang hidup di dasar atau sedimen, merupakan organisme laut yang mudah terkontaminasi oleh dampak logam berat (Wardana & Kuntjoro, 2023)

Logam berat yang sering mencemari lingkungan antara lain timbal (Pb), kadmium (Cd), arsenik (As), kromium (Cr), nikel (Ni), dan tembaga (Cu). Logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) termasuk dalam kategori

sebagai bahan berbahaya. Kadmium (Cd) dan timbal (Pb) adalah dua jenis logam berat yang paling sering ditemukan dan berbahaya di perairan. Logam-logam ini tidak dapat diuraikan oleh organisme hidup dan cenderung mengendap di dasar perairan, logam tersebut membentuk senyawa kompleks dengan bahan organik dan anorganik. Sehingga, untuk mengidentifikasi tingkat pencemaran akibat logam berat dari suatu perairan, maka dibutuhkan suatu uji untuk memantau kualitas dari perairan tersebut (Utami, Rismawati & Sapanli, 2018).

Salah satu cara untuk memantau kualitas air adalah dengan metode biologis menggunakan metode biomonitoring. Metode ini memanfaatkan bioindikator sebagai objek untuk melihat kualitas air. Dengan memanfaatkan parameter biologi untuk mengukur kualitas air secara konstan. Hal ini dikarenakan adanya komunitas organisme perairan sebagai bioindikator yang hidupnya berada di perairan tersebut, maka jika terjadi pencemaran pada lingkungan akan terjadi penimbunan atau akumulasi (Ni'am et al., 2022)

Biomonitoring dapat dilakukan dengan cara memeriksa ada atau tidaknya cemaran logam berat pada kerang (bivalvia) dikarenakan makhluk tersebut mempunyai kemampuan untuk menyaring logam berat atau polutan yang ada disekitarnya. Kerang darah adalah salah satu spesies kerang yang telah dipelajari secara ekstensif dan digunakan untuk mengamati kadar logam berat timbal di daerah pesisir (Haspullah R, 2018).

Bivalvia atau biasa disebut kerang merupakan suatu organisme yang biasa dimanfaatkan untuk mengetahui pencemaran lingkungan karena daur hidup yang berikatan erat dengan sedimen, cara makannya melalui *filter feeder*, dan kemampuan mengakumulasi polutan. Kapasitas bioakumulasi yang tinggi berarti kadar bahan kimia yang

sebelumnya tidak diketahui di air dapat terdeteksi pada tubuh kerang. *Bivalvia* sebagai organisme akumulator atau sering kali dinamakan "*sentinel*", sehingga *bivalvia* harus dapat menggambarkan keadaan suatu daerah kajian karena mereka tahan terhadap tekanan lingkungan dan tidak bergerak (*sedentary*) (Purbonegoro, 2018).

Kerang memiliki kandungan lemak, kalsium, fosfor, dan zat besi, dan merupakan sumber protein hewani dengan kandungan protein 8/100 g (Handayani et al., 2020). Selain itu, terdapat kandungan gizi lainnya pada kerang seperti karbohidrat, lemak, omega-3, omega-6 dan lain-lain (Pratiwi et al., 2023).

Jika seseorang mengonsumsi kerang yang mengandung logam berat dalam jumlah tinggi, hal ini dapat berdampak negatif pada kesehatan tubuh. Timbal (Pb), kadmium (Cd), arsenik (As), dan seng (Zn) adalah beberapa logam berat yang biasa ditemukan dalam kerang. Logam berat dapat berikatan dengan enzim tubuh manusia sehingga membuatnya tidak aktif. Hal ini dapat menghambat proses sintesis eritrosit (Hb) dan menyebabkan anemia. Kerang dapat terkontaminasi logam berat karena habitatnya hidup di dasar perairan.

Berdasarkan paparan di atas, maka dianggap penting untuk melakukan penelitian mengenai analisis kadar logam berat timbal, kadmium, dan arsen pada kerang di Kabupaten Pangkep.

METODE

Desain, tempat dan waktu

Jenis penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah observasi laboratorium yang bersifat deskriptif, yaitu pengujian terhadap kadar logam berat timbal, kadmium, dan arsen pada kerang darah (*Anadara granosa*) dan kerang kepah (*Polymesoda erosa*) di Kabupaten Pangkep. Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Balai Besar Laboratorium

Kesehatan Masyarakat Makassar (BB Labkesmas Makassar) pada bulan Maret-April 2024.

Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kerang darah dan kerang kepah yang diperdagangkan di pasar induk Pangkep dan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Maccini Baji.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kertas label, kantong plastik, pisau, cool box, cawan petri, gelas kimia, labu ukur 1000 ml, labu ukur 100 ml, labu ukur 50 ml, gelas ukur 10 ml, neraca analitik, pipet tetes, waterbath, corong, alat tulis menulis, kamera, dan SSA.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain aquades, kerang kepah (*Polymesoda erosa*) dan kerang darah (*Anadara granosa*), kertas saring Whatman 40, larutan asam nitrat pekat (HNO_3), larutan asam klorida pekat (HCl), asam klorida pekat, larutan standar timbal (HClO_4), larutan standar kadmium (Cd) 1000 mg/L, larutan standar timbal (Pb) 1000 mg/L, dan larutan standar arsen (As) 1000 mg/L.

Prosedur Kerja

1. Pra Analitik

a. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel direncanakan akan dilaksanakan pada bulan Februari 2024. Pengambilan sampel dilakukan dengan membeli kerang langsung dari kedua lokasi, yaitu pasar sentral Pangkep dan TPI Maccini Baji. Kerang yang diperoleh dimasukkan ke dalam kantong plastik dan disimpan di dalam cool box yang berisi es batu. Untuk mempertahankan kesegaran sampel dan sampel langsung dibawa ke Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Makassar.

b. Preparasi Sampel

Persiapan sampel dilakukan dengan mengumpulkan kerang darah dan kerang kepah yang ada di lokasi penelitian. Sampel tersebut kemudian dibersihkan dengan mencucinya menggunakan air mengalir hingga bersih, pisahkan daging dari cangkangnya menggunakan pisau hingga yang tersisa hanya dagingnya dan letakkan daging kerang dalam cawan petri. Selanjutnya dilakukan dekstrusi pada sampel kerang (Andriani, 2022).

c. Penyiapan Larutan Standar

1) Pembuatan Kurva Standar Timbal (Pb)

Larutan standar timbal (Pb) 1000 ppm dibuat dari $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan cara menimbang 1,5985 gram, kemudian memindahkannya ke dalam gelas kimia dan mengencerkan dengan aquades. Larutan ini kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 1000 ml yang berisi 10 mL HNO_3 pekat dan ditambahkan aquades hingga mencapai tanda batas. Sebanyak 10 ml larutan standar timbal (Pb) 1000 ppm dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml, lalu diencerkan dengan aquades hingga tanda batas, sehingga dihasilkan larutan standar timbal (Pb) dengan konsentrasi 100 ppm. Untuk membuat larutan standar 10 ppm, sebanyak 10 ml larutan standar timbal (Pb) 100 ppm dipipet dan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 ml, kemudian diencerkan dengan aquades hingga tanda batas. Selanjutnya, larutan standar timbal 10 ppm dipipet masing-masing sebanyak 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; dan 5,0 ml, yang kemudian diencerkan ke dalam 5 labu ukur 50 ml dengan aquades hingga mencapai tanda batas, sehingga diperoleh konsentrasi larutan 0,1 ppm; 0,2 ppm; 0,3 ppm; 0,5 ppm; dan 1 ppm. Absorbansi dari setiap konsentrasi diukur menggunakan SSA (Andriani, 2022).

2) Pembuatan Kurva Standar Kadmium (Cd)

Larutan standar kadmium (Cd) dibuat dari $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ dengan menimbang 2,1032 gram, kemudian memindahkannya ke dalam gelas kimia dan mengencerkan dengan aquades. Larutan ini kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 1000 ml yang berisi 10 ml HNO_3 pekat, lalu ditambahkan aquades hingga mencapai tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar 1000 ppm. Untuk membuat larutan standar 100 ppm, sebanyak 10 ml larutan standar 1000 ppm dipipet ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades hingga tanda batas. Larutan standar Cd 10 ppm dibuat dengan memipet 10 ml larutan standar 100 ppm ke dalam labu ukur 100 ml dan diencerkan dengan aquades hingga mencapai tanda batas. Selanjutnya, larutan standar Cd 10 ppm dipipet masing-masing sebanyak 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; dan 5,0 ml, yang kemudian diencerkan ke dalam 5 labu ukur 50 ml dengan aquades hingga tanda batas, sehingga diperoleh konsentrasi larutan 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; dan 1,0 ppm. Absorbansi dari setiap konsentrasi diukur menggunakan SSA (Andriani, 2022).

3) Pembuatan Kurva Standar Arsen (As)

Larutan standar arsen (As) dibuat dari As_2O_3 dengan menimbang 2,6406 gram, kemudian memindahkannya ke dalam gelas kimia dan melarutkannya dalam aquades. Larutan ini selanjutnya dipindahkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang berisi 10 ml HNO_3 pekat, lalu diencerkan dengan aquades hingga mencapai tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar 1000 ppm. Untuk membuat larutan standar 100 ppm, sebanyak 10 ml larutan standar 1000 ppm dipipet ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades hingga tanda batas. Konsentrasi

larutan yang dihasilkan adalah 100 ppm. Selanjutnya, 1 ml larutan standar 100 ppm dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml, kemudian diencerkan hingga tanda batas dengan aquades hingga homogen, menghasilkan larutan standar dengan konsentrasi 1 ppm (1000 ppb). Pipet sebanyak 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2; dan 2,5 ml larutan standar arsen 1 ppm ke dalam labu ukur 50 ml, lalu encerkan dengan aquades hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 0; 0,01; 0,02; 0,03; dan 0,05 ppm. Absorbansi dari setiap konsentrasi diukur menggunakan SSA (Barus et al., 2023).

2. Analitik

a. Destruksi Sampel

Destruksi sampel dengan menimbang 0,5 gram sampel daging kerang dengan menggunakan neraca analitik dan masukkan ke dalam tabung reaksi 50 ml, tambahkan 10 ml HNO_3 pekat (asam nitrat) ke dalam tabung reaksi yang berisi sampel daging yang sudah ditimbang. Pemanasan sampel dilakukan dengan menggunakan waterbath dengan temperatur 125°C hingga larutan menjadi jernih. Aquades ditambahkan sampai tanda batas pada tabung reaksi dan dihomogenkan, dan dilakukan penyaringan memakai kertas saring dan hasil filtrat ditampung dalam botol sampel. Filtrat yang diperoleh dianalisis logam timbal, kadmium dan arsen menggunakan metode SSA (Lestari, 2023).

b. Pemeriksaan Kadar Pb, Cd dan As pada Kerang Menggunakan Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Persiapan alat SSA dengan mengatur dan mengoptimalkan alat, dengan cara instrumen SSA menyalakan dan memanaskan selama $\pm 5 - 10$ menit. Memasukkan larutan sampel standar dalam alat SSA. Ditambahkan filtrat sampel kerang

hasil dekstruksi yang telah siap untuk dianalisis. Absorbansi diukur dengan panjang gelombang yang dapat menentukan kadar timbal yaitu 283,3 nm, sedangkan panjang gelombang untuk menentukan kadar kadmium adalah 228,8 nm dan kadar arsen adalah 193,7 nm (Priatna et al., 2021).

3. Pasca Analitik

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7387:2009 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan, yaitu :

- a. Batasan maksimal cemaran timbal (Pb) pada jenis kekerangan (bivalvia) adalah 1,5 mg/kg.
- b. Batasan maksimal cemaran kadmium (Cd) pada jenis kekerangan (bivalvia) adalah 1,0 mg/kg.
- c. Batasan maksimal cemaran arsen (As) pada jenis kekerangan (bivalvia) adalah 1,0 mg/kg.

Pengolahan dan analisis data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan data primer, sehingga proses pengumpulan dilakukan secara langsung dengan menganalisis sampel kerang darah dan kerang kepah menggunakan SSA.

Setelah proses penelitian selesai dan semua data telah didapatkan, yang selanjutnya dilakukan adalah melakukan analisis data. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif yang disajikan dalam bentuk tabel, dilengkapi dengan narasi penjelasan untuk menjawab pertanyaan atau tujuan penelitian.

HASIL

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Makassar yang dilaksanakan pada tanggal 27 Maret 2024

sampai dengan 03 April 2024, maka diperoleh hasil penelitian kadar timbal (Pb), kadar kadmium (Cd) dan kadar arsen (As) pada kerang darah (*Anadara granosa*) dan kerang kepiting (*Polymesoda erosa*) di Kabupaten Pangkep yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Berdasarkan pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa pengujian 14 sampel dengan 7 sampel kerang darah dan 7 sampel kerang kepah menggunakan metode SSA di peroleh kadar Timbal (Pb) paling tinggi dari kedua jenis kerang sebesar 0,8493 mg/kg yang menandakan adanya kandungan Timbal (Pb) dalam kerang dan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7387:2009 nilai tersebut berada di bawah nilai batas normal timbal dalam kerang.

Berdasarkan pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa pengujian 14 sampel dengan 7 sampel kerang darah dan 7 sampel kerang kepah menggunakan metode SSA di peroleh kadar Kadmium (Cd) paling tinggi dari kedua jenis kerang sebesar 0,6617 mg/kg yang menandakan adanya kandungan Kadmium (Cd) dalam kerang dan berdasarkan Standar Nasional Indonesia 7387:2009 nilai tersebut berada di bawah nilai batas normal Kadmium (Cd) dalam kerang.

Berdasarkan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa pengujian 14 sampel dengan 7 sampel kerang darah dan 7 sampel kerang kepah menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom di peroleh kadar Arsen (As) paling tinggi dari kedua jenis kerang sebesar 1,5292 mg/kg yang menandakan adanya kandungan Arsen (As) dalam kerang dan berdasarkan Standar Nasional Indonesia 7387:2009 nilai tersebut berada di atas nilai batas normal Arsen (As) dalam kerang.

PEMBAHASAN

Perairan pesisir telah menjadi lokasi pembuangan limbah dari berbagai aktivitas manusia, baik yang berasal dari wilayah pesisir maupun dari laut terbuka. Keberadaan logam berat di perairan dapat membahayakan organisme laut secara langsung dan berdampak negatif pada kesehatan manusia secara tidak langsung. Hal ini disebabkan oleh sifat logam berat yang sulit terurai, sehingga mudah terakumulasi di lingkungan akuatik, dan keberadaannya secara alami sulit diurai atau dihilangkan. Selain itu, logam berat dapat terakumulasi dalam organisme seperti kerang dan ikan, yang dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia yang mengonsumsi organisme tersebut.

Logam berat adalah salah satu jenis zat pencemar yang sangat berbahaya karena memiliki sifat toksik dengan konsentrasi yang tinggi. Jenis logam berat yang sering dijumpai sebagai polutan di lingkungan perairan meliputi timbal (Pb), kadmium (Cd), dan arsen (As).

Timbal adalah unsur dalam golongan karbon yang dilambangkan dengan Pb dan memiliki nomor atom 82. Unsur ini berbentuk logam yang lembut, stabil, dan sangat tahan lama, serta tahan terhadap korosi. Secara alami, timbal dapat menjadi racun bagi manusia dan hewan jika tertelan. Kadmium, di sisi lain, adalah salah satu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Cd dan nomor atom 48.

Logam kadmium (Cd) memiliki ciri khas berwarna putih keperakan, mirip dengan logam aluminium, serta tahan panas dan korosi. Sebagai salah satu jenis logam berat, kadmium dapat berbahaya bagi pembuluh darah jika dikonsumsi atau terpapar dalam jangka waktu yang lama. Logam ini dapat terakumulasi dalam tubuh, terutama di hati dan ginjal.

Arsen (As) adalah anggota golongan nitrogen dengan nomor atom 33 terletak

diantara fosfor dan antimon. Arsen adalah salah satu jenis logam berat yang terdiri dua jenis yaitu arsenit yang tereduksi dalam keadaan anaerobik dan arsenat yang teroksidasi pada keadaan aerobik. Arsen dapat menyebabkan kerusakan pada kulit, kanker dan gangguan sistem saraf. Paparan arsen pada anak-anak dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan.

Interpretasi nilai normal yang peneliti jadikan acuan yaitu menggunakan nilai normal SNI 7387:2009 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam makanan.

Penelitian yang telah dilaksanakan pada tanggal 27 Maret 2024 sampai 03 April 2024 untuk menganalisis kadar timbal, kadmium dan arsen pada kerang darah (*Anadara granosa*) dan kerang kepah (*Polymesoda erosa*) yang dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Makassar merupakan jenis penelitian kualitatif, dengan teknik pengambilan sampel yaitu accidental sampling.

Pada penelitian ini, analisis kadar logam berat menggunakan metode SSA, yang berarti sampel kerang yang terdiri dari padatan harus diubah menjadi bentuk larutan sebelum dapat dianalisis. Sampel kerang terlebih dahulu dibersihkan menggunakan air mengalir. Sampel kerang dipisahkan daging dari cangkangnya menggunakan pisau dan daging kerang dimasukkan ke dalam dicawan petri. Menimbang 0,5 gram sampel kerang dengan menggunakan neraca analitik, masukkan sampel kerang ke dalam tabung reaksi 50 ml dan sampel didestruksi.

Destruksi basah adalah proses perubahan struktur sampel yang dilakukan dengan menggunakan asam kuat, diikuti dengan oksidasi menggunakan zat pengoksidasi. Beberapa pelarut yang dapat digunakan untuk destruksi basah antara lain asam nitrat (HNO₃), asam sulfat (H₂SO₄), asam perklorat (HClO₄), dan asam klorida (HCl). Destruksi yang berhasil ditandai

dengan filtrat yang dihasilkan berupa larutan yang jernih, yang menunjukkan bahwa semua komponen telah larut sepenuhnya atau bahwa perombakan senyawa organik telah berhasil dilakukan (Faqihuddin & Ubaydillah, 2021).

Destruksi kering adalah proses yang mengubah logam organik dalam sampel menjadi logam anorganik. Proses ini dilakukan dengan membakar sampel dalam oven pada suhu tertentu dan memanfaatkan mekanisme penguapan pelarut (Abata et al., 2019); (Rahayu, 2020). Untuk menentukan suhu pengabuan dengan metode ini, dilakukan pengecekan terlebih dahulu untuk jenis logam yang akan dianalisis. Pada umumnya, suhu pemanasan yang diperlukan untuk destruksi kering berkisar antara 400 dan 800°C. Jika oksida logam yang dihasilkan kurang stabil, maka metode ini menjadi tidak efektif (Abata et al., 2019).

Pada penelitian ini sampel kerang didestruksi dengan metode basah dengan penambahan asam nitrat (HNO₃) pekat ke dalam sampel kerang. Umumnya, asam nitrat pekat biasanya digunakan dalam metode ini karena memiliki kemampuan untuk memecah sampel menjadi senyawa yang lebih sederhana. Oleh karena itu, asam nitrat dapat melarutkan logam berat seperti timbal, kadmium, dan arsenik di dalam sampel. Selain itu, fungsi dari penambahan asam nitrat pekat untuk mempercepat reaksi destruksi dan merupakan pelarut logam yang baik.

Pemanasan pada sampel dilakukan menggunakan waterbath pada suhu 100°C selama 4 hari sampai warna larutan jernih, tujuan pemanasan adalah untuk mempercepat destruksi dengan memotong ikatan organologam menjadi anorganik sehingga dihasilkan larutan jernih yang menandakan proses destruksi telah selesai, menambahkan aquades sampai tanda batas pada tabung reaksi dan menyaring hasil destruksi dengan kertas saring. Hasil destruksi siap untuk diukur kadar logam

yang terdapat di dalam sampel dengan alat SSA. Pemilihan metode destruksi basah dalam penelitian ini didasarkan pada metode yang sederhana, cepat, dan mudah. Kekurangan dari metode destruksi kering yaitu memiliki dua proses, pengabuan dan pelarutan yang membuatnya lebih lama.

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.1 diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa terdapat 14 sampel mengandung timbal dengan kadar tertinggi sebesar 0,8493 mg/kg dan tidak ada yang melewati batas normal SNI 7387:2009 yaitu 1,5 mg/kg. Berdasarkan sumber cemaran timbal yang ditemukan di perairan berasal dari aktivitas transportasi baik darat maupun laut, dimana kandungan timbal terdapat pada bahan bakar minyak (BBM) berupa zat tetraethyllead (TEL), zat inilah yang mengandung timbal untuk meningkatkan mutu. Polusi timbal yang dilepaskan ke atmosfer melalui alat pembuangan asap sehingga terjadi akumulasi di atmosfer dan kemudian akan terlarut dalam perairan (Putra et al., 2022). Sumber cemaran timbal dari aktivitas kapal nelayan dapat berupa tumpahan bahan bakar minyak. Selain itu, kontaminasi timbal dapat berasal dari limbah industri seperti industri baterai, cat dan pipa, juga dapat berasal dari limbah pertanian seperti pestisida dan pupuk (Nurfadhilla et al., 2020) dan cat pelapis kapal juga dapat menjadi sumber cemaran timbal (Wardana & Kuntjoro, 2023).

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.2 diperoleh hasil dari 14 sampel ditemukan adanya kandungan kadmium dengan kadar tertinggi sebesar 0,6617 mg/kg dan kadar kadmium dari 14 sampel tidak melebihi dari batas normal SNI 7387:2009 yaitu 1,0 mg/kg. Sumber cemaran kadmium dapat berasal dari tumpahan solar dari aktivitas nelayan, limbah pertanian berupa pupuk fosfat, aktivitas di galangan kapal seperti perbaikan dan pengecatan kapal dapat menjadi sumber cemaran kadmium karena logam berat kadmium digunakan sebagai pigmentasi cat

kapal, endapan sampah yang lama akan mengendap dalam sedimen (B. Permana et al., 2023), sumber cemaran kadmium juga dapat terjadi secara alamiah akibat dari pelapukan batuan, dan industri pertambangan berupa batu marmer (Rahmadani & Diniariwisan, 2023).

Dari hasil analisis kadar timbal dan kadmium pada kedua jenis kerang tersebut dapat dinyatakan di bawah dari ambang batas normal. Ada beberapa faktor yang bisa menyebabkan kadar logam berat pada kerang menurun. Menurut Permana (2023) menyatakan bahwa rendahnya Kadar logam berat Pb dan Cd disebabkan oleh pengaruh iklim. Kandungan logam dalam air dapat bervariasi tergantung pada cuaca dan iklim. Pada musim hujan, kadar logam cenderung menurun akibat proses pelarutan, sementara pada musim kemarau, kadar logam meningkat karena terjadi konsentrasi. Pernyataan di atas sesuai dengan pengambilan sampel pada penelitian ini yaitu di lakukan pada musim hujan di bulan maret. Faktor lain yang dapat menurunkan kadar logam berat adalah pH perairan. Perairan dengan pH rendah dapat meningkatkan kelarutan logam berat, karena kondisi pH yang rendah menyebabkan pelepasan logam berat dalam bentuk kation bebas. Akibatnya, logam berat menjadi lebih mudah terlarut dalam perairan. Sedangkan pH tinggi yang tinggi dapat membuat sifat basa dalam perairan semakin kuat sehingga logam berat lebih mudah mengendap di dasar. (Maulina et al., 2024). Sebagaimana habitat kerang berada di dasar perairan, faktor pH yang lebih rendah dapat menyebabkan lebih banyak logam berat di dalam air daripada di dasar perairan.

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.3 diperoleh hasil dari 14 sampel ditemukan adanya kandungan arsen dengan kadar tertinggi sebesar 1,5292 mg/kg dari hasil analisis tersebut 2 dari 14 sampel kerang melebihi batas normal kadar arsen yaitu berdasarkan SNI 7387:2009 yaitu 1,0

mg/kg. Sumber kontaminasi arsen dapat berasal dari kegiatan industri pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar, yang menghasilkan limbah padat berupa abu terbang (fly ash) dari proses pembakaran. Salah satu kandungan dari abu terbang adalah arsen (Yunita et al., 2017). Selain itu, arsen juga bisa ditemukan dari penggunaan pupuk dalam kegiatan pertanian contohnya pada pupuk kandang, nitrogen, fosfor, dan kompos merupakan contoh pupuk yang ditemukan terdapat kandungan arsen didalamnya (Sari & Kartika, 2023). Sumber cemaran arsen lainnya dapat juga terjadi secara alami melalui proses pelapukan mineral yang berasal dari pelapukan batuan (Dinkesgk, 2018).

Dari hasil analisis kadar arsen pada kedua jenis kerang ditemukan adanya kandungan arsenik yang melebihi ambang batas normal. Hal tersebut dapat disebabkan oleh senyawa arsen memiliki sifat tidak dapat larut dalam air sehingga mengendap dalam sedimen (Sari & Kartika, 2023). Pernyataan tersebut sesuai dengan biota kerang yang hidup di dasar perairan. Selain itu, tingginya kadar arsen di perairan juga dapat disebabkan oleh penggunaan pupuk, ditinjau dari lokasi penelitian dari kerang yang kadar arsennya melebihi batas normal ditemukan lokasi tersebut tidak jauh dari daerah persawahan. Dari penelitian yang dilakukan Purbalisa (2018) bahwa senyawa arsen banyak di temukan terdapat dalam pupuk kandang, N, P maupun kompas.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mujahidurrasyid dkk, pada tahun 2020 tentang Kadar Logam Berat Cu, Cr, Pb dan Zn pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Muara Elo dan Kerang Kepah (*Polymesoda erosa*) di Loa Janan Ilir Kalimantan Timur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya kandungan timbal (Pb) pada kerang darah sebesar 0,029 mg/L dan kerang kepiting sebesar 0,020 mg/L.

Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Linda dkk, pada tahun 2023 tentang Kandungan Kadmium (Cd) pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) dan Sedimen dari Perairan Pulau Sedanau Kabupaten Natuna. Hasil penelitian menunjukkan adanya kandungan kadmium (Cd) pada kerang darah sebesar 1,1123 mg/kg pada stasiun 1 dan 0,0781 mg/kg pada stasiun 2.

Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Putri dkk, pada tahun 2021 tentang Bioakumulasi Logam Berat Arsen pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) dan Sedimen di Muara Sungai Tallo Kota Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya kandungan arsenik (As) pada kerang darah sebesar 0,002 pada stasiun 1, 0,004 pada stasiun 2 dan 0,001 pada stasiun 3.

Kerang darah dan kerang kepah dapat tercemar oleh logam berat timbal, kadmium dan arsen karena beberapa faktor yaitu limbah dari pabrik semen tonasa, pengangkutan batu bara, limbah rumah tangga yang tinggal disekitar bantaran sungai Pangkajene, serta tumpahan minyak dari perahu nelayan. Masuknya logam berat dalam tubuh kerang melalui kebiasaan makannya yang bersifat filter feeder dan juga kemampuan akumulasi polutan dan habitat kerang yang berada didasar perairan menjadikan kerang tersebut mudah tercemar oleh logam berat. Selain itu, kadar logam berat pada kerang cenderung meningkat seiring dengan lamanya kerang hidup di perairan yang terkontaminasi logam berat.

Kerang yang mengandung logam berat dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan jika dikonsumsi dalam jangka panjang. Disebabkan karena sel tidak dapat menetralkan sifat toksik ketika toksikan masuk ke dalam sel dalam jumlah besar dan tidak mampu terikat pada agen pengikat. Akibatnya adalah sistem tubuh organisme menjadi rusak. Kerusakan tersebut mencakup penghambatan pertumbuhan

dan perkembangan, kelainan bentuk sel atau organel sel, serta gangguan fungsi organel sel. Untuk menghindari keracunan logam berat, perlu diperhatikan batas maksimal konsumsi kerang darah dan kerang kepah. Kerang darah sebaiknya dikonsumsi dalam jumlah kurang lebih 92 gram per hari, sedangkan kerang kepah tidak memiliki batas maksimal aman konsumsi yang spesifik (Sumiahadi, 2023).

Mekanisme paparan logam berat terhadap manusia dapat melalui inhalasi, oral dan kontak dengan kulit. Paparan dari logam berat sangat berbahaya apabila terakumulasi dalam tubuh manusia. Akumulasi ini dapat mengganggu fungsi otak, struktur darah, ginjal, paru-paru, dan organ-organ vital lainnya. Logam berat memiliki sifat biomagnifikasi dan bioakumulasi pada makhluk hidup. Biomagnifikasi adalah proses di mana bahan kimia dari lingkungan masuk melalui rantai makanan, menghasilkan konsentrasi bahan kimia yang lebih tinggi dalam organisme dibandingkan dengan bioakumulasi. Sementara itu, bioakumulasi adalah penumpukan kontaminan yang terjadi secara terus-menerus di dalam organ tubuh.

Batas akumulasi timbal dalam darah yang diperbolehkan oleh WHO adalah 10 µg/100 ml, kadar timbal yang melebihi batas ini dapat menyebabkan keracunan timbal yang berbahaya bagi kesehatan (Gustama & Wicaksana, 2020). Jika tubuh keracunan timbal akan menyebabkan perkembangan dan neurobehavioral, terutama pada janin dan anak-anak. Paparan timbal dapat menyebabkan gangguan pernapasan, saluran kemih, anemia, neurologis, neuropati dan kardiovaskular melalui modulasi kekebalan tubuh dan inflamasi (Astuti et al., 2022).

Batas akumulasi kadmium dalam darah sebesar 10 µg/100 ml, kadar kadmium yang melebihi batas ini dapat menyebabkan keracunan kadmium yang berbahaya bagi kesehatan (Wulandari et al., 2021).

Keracunan kadmium yang parah dapat menimbulkan kerusakan ginjal, kerusakan hati, tulang keropos, cedera paru-paru, hipertensi, dan kerusakan sel darah, sedangkan keracunan kadmium yang ringan dapat menyebabkan mual, muntah, diare, cedera hati, syok, dan gagal ginjal. Kadmium menimbulkan kerusakan pada sistem kerangka dan juga gangguan mental pada anak-anak jika dikonsumsi secara terus menerus (Astuti et al., 2022).

Batas akumulasi arsen dalam darah yang diperbolehkan adalah 10 µg/100 ml. Jika konsentrasi arsen dalam darah melebihi dari batas tersebut, maka dapat menyebabkan keracunan arsen. Arsen bersifat karsinogenik, mutagenik, dan teratogenik. Keracunan arsen dapat bersifat akut atau kronis. Gejala keracunan akut meliputi sakit perut, muntah, diare, hipertensi, irama jantung yang tidak teratur, dan kematian mendadak. Gejala keracunan kronis termasuk hiperpigmentasi, keratosis, lesi kulit dan gangrene pada kaki (Dinkesgk, 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan terkait Analisis Kadar Logam Berat Timbal, Kadmium dan Arsen pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) dan Cangkang Kepiting (*Polymesoda erosa*) di Kabupaten Pangkep, bahwa 14 sampel kerang semua mengandung timbal dan kadmium (100%) di bawah nilai batas normal SNI. Dan 2 dari 14 sampel kerang atau setara dengan 14,28% memiliki kandungan arsen melebihi batas normal SNI.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Kepada masyarakat khususnya masyarakat Pangkep, agar dapat

mengurangi mengkonsumsi kerang dalam hal ini kerang darah dan kerang kepah, sebagaimana efek akumulasi dari logam berat terhadap tubuh manusia baik itu dalam kadar rendah maupun tinggi. Dan juga bahaya keracunan yang dapat ditimbulkan akibat mengkonsumsi kerang beryang mengandung timbal, kadmium maupun arsen terhadap kesehatan tubuh manusia.

2. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan melakukan pemeriksaan dengan parameter logam berat lainnya, pemeriksaan lanjutan terkait pH, suhu dan salinitas di perairan Pangkep dan juga melakukan penelitian terkait perbandingan kadar logam berat pada air dengan biota laut perairan Pangkep.

DAFTAR PUSTAKA

- Abata, E. O., Ogunkalu, O. D., Adeoba, A. A., & Oluwasina, O. O. (2019). Evaluation of the Heavy Metals in Tonic Creams using the Wet Acid and Dry Ashing Methods. *Earthline Journal of Chemical Sciences*, 1(1), 37–43.
<https://doi.org/10.34198/ejcs.1119.3743>
- Andriani, T., Agustin, F., Chadijah, S., Adawiah, S. R., & Nur, A. (2022). Analisa Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) yang Beredar di Pelelangan Ikan Paotere Kota Makassar. *Chimica et Natura Acta*, 10(3), 112–116.
<https://doi.org/10.24198/cna.v10.n3.42296>
- Astuti, R. D. P., Mallongi, A., Choi, K., Amiruddin, R., Hatta, M., Tantrakarnapa, K., & Rauf, A. U. (2022). *Health risks from multiroute exposure of potentially toxic elements*

- in a coastal community: a probabilistic risk approach in Pangkep Regency, Indonesia. Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 13(1), 705–735. <https://doi.org/10.1080/19475705.2022.2041110>
- Barus, E. L., Nst, Z., & Butar-butur, B. (2023). Analisis Logam Timbal (Pb) dan Arsen (As) pada Susu Kambing Etawa yang Beredar Di Kota Medan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *EINSTEIN*, 11(3), 196. <https://doi.org/10.24114/eins.v11i3.50899>
- Darmawan, M. F., Sudrajat, C., & Rahayu, S. Y. S. (2020). Pemanfaatan Kijing Lokal (*Pilsbryoconcha exilis*) sebagai Biofiltrasi Logam Arsen (As). *Ekologia : Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar Dan Lingkungan Hidup, Volume 20*, (e-ISSN: 2686-4894 ; p-ISSN: 1411-9447), 58–63. <https://journal.unpak.ac.id/index.php/ekologia>
- Dinkesgk. (2018). Mengenal Unsur Arsen (As) dalam Air Minum. UPT Laboratorium. <https://dinkes.gunungkidulkab.go.id/mengenal-unsur-arsenas-dalam-air-minum/>
- Faqihuddin, & Ubaydillah, M. I. (2021). Perbandingan Metode Destruksi Kering dan Destruksi Basah Instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) untuk Analisis Logam. *Seminar Nasional Hasil Riset Dan Pengabdian Ke-III dian Ke-III*, 86, 121–127.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>
- Haspullah R, A. H. and S. E. (2018). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kromium (Cr), dan Kadmium (Cd) pada Kerang Darah *Anadara granosa* Di Wilayah Pesisir Kabupaten Pangkep. <http://digilib.unhas.ac.id/opac/detail-opac?id=48347>.
- Lestari, M. M. (2023). Efektivitas Penambahan Larutan Asam Jawa Terhadap Penurunan Kadar Timbal Pada Kerang Hijau (*Perna Viridis L.*) Di Kalibaru Timur dan Kamal Muara.
- Ni'am, A. C., Sari, A. N., Nabilah, K. B., Terrukeni, G. J., Mukminin, A., & Syah, C. B. (2022). Biomonitoring Kualitas Air Sungai Kalibokor Sebrang Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya menggunakan Metode Biotilik. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 48–55. <https://doi.org/10.33084/mitl.v7i2.3700>
- Permana, B., Rafii, A., & Eryati, R. (2023). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) pada Air dan Sedimen Di Muara Perairan Kecamatan Muara Jawa Kabupaten Kutai Kartanegara. *Tropical Aquatic Sciences*, 1(1), 62–68. <https://doi.org/10.30872/tas.v1i1.474>
- Pratiwi, A. N., Pratiwi, F. D., & Kuniawan, A. (2023). Kelimpahan Mikroplastik Pada Kerang Kepah (*Polymesoda sp.*) Di Perairan Sungai Jada Bahrin , Bangka dan Kerang Tebelan (*Lingula sp.*) Di Perairan Pantai Pekapor , Bangka Selatan Abundance of Microplastics in Kepah Mussels (*Polymesoda sp.*). *in Jada Bahri*. 17, 2–7.
- Priatna, H., Kartika, R., & Hindryawati, N. (2021). Korelasi Kadar Ion Logam Pb Terhadap Konsentrasi Protein Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Diambil Di Pesisir Muara Badak

- Kalimantan Timur. 36–43.
- Purbonegoro, T. (2018). Potensi Bivalvia sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Di Wilayah Pesisir. *Oseana*, 43(3), 61–71. <https://doi.org/10.14203/oseana.2018.vol.43no.3.68>
- Putra, M. D. N., Widada, S., & Atmodjo, W. (2022). Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen Dasar di Perairan Banjir Kanal Timur Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(3), 13–21. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i3.13398>
- Putri, F., & Nasruddin, S. (2023). Analisis Risiko Logam Berat pada Udang Putih yang Dikonsumsi Petani Tambak di Biringkassi Kabupaten Pangkep. *Window of Public Health Journal*, Vol.4No. 4(E-ISSN 2721-2920), 690–700. <http://103.133.36.91/index.php/woph/article/view/448/513>
- Rahmadani, T. B. C., & Diniariwisan, D. (2023). Pencemaran Logam Berat Jenis Kadmium (Cd) di Perairan dan Dampak Terhadap Ikan (Review). *Ganec Swara*, 17(2), 440. <https://doi.org/10.35327/gara.v17i2.440>
- Sukma, R. M. (2020). Biokonsentrasi Logam Berat Timbal, Arsen pada Air dan Ikan Sungai Tallo Kota Makassar Tahun 2020. *Window of Public Health Journal*, 01(04), 304–316.
- Sumiahadi, A. (2023). Akumulasi Logam Berat oleh Tanaman Bahan Pangan dan Potensi Dampak Kesehatan yang Ditimbulkan. *Jurnal Seminar Nasional*, 7(1), 1009–1018. <https://proceeding.uns.ac.id/semnasfp/article/view/290%0Ahttps://proceeding.uns.ac.id/semnasfp/article/download/290/304>
- Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. (2018). Pemanfaatan Mangrove untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018*, 2621–7449.
- Wardana, M. T., & Kuntjoro, S. (2023). Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Pelabuhan Teluk Lamong dan Korelasinya terhadap Kadar Pb Kerang darah (*Tegillarca granosa*) Analysis of Lead (Pb) Heavy Metal Level in Lamong Bay Port Waters and Its Correlation to Pb Level of Blood Mussel. *Lentera Bio*, 12(1), 41–49. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/enterabio/index>

Tabel 4.1 Hasil analisis kadar Timbal (Pb) pada kerang darah dan kerang kepah

No.	Kode Sampel	Jenis Kerang	Kadar Timbal (mg/kg)	Batas Normal Timbal (mg/kg)
1	P1	Kerang darah	0,1706	1,5
2	P2	Kerang darah	0,2159	1,5
3	P3	Kerang darah	0,1995	1,5
4	P4	Kerang darah	0,1957	1,5
5	P5	Kerang darah	0,2248	1,5
6	M1	Kerang darah	0,1996	1,5
7	M2	Kerang darah	0,1461	1,5
8	P1	Kerang kepah	0,1871	1,5
9	P2	Kerang kepah	0,0752	1,5
10	P3	Kerang kepah	0,2445	1,5
11	P4	Kerang kepah	0,2154	1,5
12	P5	Kerang kepah	0,2979	1,5
13	M1	Kerang kepah	0,5330	1,5
14	M2	Kerang kepah	0,8493	1,5

Tabel 4.2 Hasil analisis kadar Kadmium (Cd) pada kerang darah dan kerang kepah

No	Kode Sampel	Jenis Kerang	Kadar Kadmium (mg/kg)	Batas Normal Kadmium (mg/kg)
1	P1	Kerang darah	0,3186	1,0
2	P2	Kerang darah	0,1662	1,0
3	P3	Kerang darah	0,5651	1,0
4	P4	Kerang darah	0,2530	1,0
5	P5	Kerang darah	0,2551	1,0
6	M1	Kerang darah	0,4139	1,0
7	M2	Kerang darah	0,6617	1,0
8	P1	Kerang kepah	0,0362	1,0
9	P2	Kerang kepah	0,0913	1,0
10	P3	Kerang kepah	0,0913	1,0
11	P4	Kerang kepah	0,1379	1,0
12	P5	Kerang kepah	0,0271	1,0
13	M1	Kerang kepah	0,0111	1,0
14	M2	Kerang kepah	0,0180	1,0

Tabel 4.3 Hasil analisis kadar Arsen (As) pada kerang darah dan kerang kepah

No.	Kode Sampel	Jenis Kerang	Kadar Arsen (mg/kg)	Batas Normal Arsen (mg/kg)
1	P1	Kerang darah	0,7974	1,0
2	P2	Kerang darah	1,2746	1,0
3	P3	Kerang darah	0,4698	1,0
4	P4	Kerang darah	0,6499	1,0
5	P5	Kerang darah	0,9712	1,0
6	M1	Kerang darah	0,3833	1,0
7	M2	Kerang darah	0,4396	1,0
8	P1	Kerang kepah	0,7018	1,0
9	P2	Kerang kepah	0,5277	1,0
10	P3	Kerang kepah	0,7256	1,0
11	P4	Kerang kepah	0,5083	1,0
12	P5	Kerang kepah	0,3617	1,0
13	M1	Kerang kepah	1,5292	1,0
14	M2	Kerang kepah	0,7220	1,0