



Analysis of Cr and Pb in Green Mussels from the Fish Auction Site, Klidang Lor, Batang Using AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*)

Kholisatuz Zahro, Khusna Santika Rahmasari ✉, Achmad Vandian Nur, dan W Wirasti

Jurusan Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan
Jl. Raya Ambokembang No.8 Kedungwuni Kab. Pekalongan Telp. (0285)785179 Fax. (0285)785555
Pekalongan 51173

Info Artikel

Diterima : 25-08-2023

Disetujui : 30-08-2023

Dipublikasikan : 30-11-2023

Keywords:

AAS

Chromium

Green Mussels

Lead

Abstrak

Kerang merupakan biota yang populer digunakan untuk mendeteksi pencemaran karena hubungannya dengan sedimen, sifatnya yang *filter feeder*, dan kemampuannya untuk mengakumulasi polutan. Logam berat yang akumulasi dalam kerang, kemudian dikonsumsi oleh manusia akan menimbulkan efek toksik pada manusia bila terakumulasi pada konsentrasi tinggi, serta dapat bersifat neurotoksik, karsinogenik, mutagenik atau teratogenik bahkan menimbulkan kematian. Kromium (Cr) dapat mempengaruhi saluran pernapasan, ginjal, pembuluh darah, dan kulit, sedangkan paparan timbal (Pb) dapat mempengaruhi saraf, pernapasan, saluran kemih, dan dapat menyebabkan penyakit kardiovaskular. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar Cr dan Pb pada kerang hijau yang di peroleh dari Tempat Pelelangan Ikan, Klidang Lor, Kabupaten Batang. Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kerang hijau mengandung kromium sebesar 2,84 mg/Kg. Kadar Cr dalam sampel kerang hijau melebihi batas 1 mg/Kg yang ditetapkan oleh *Centre Food Safety, Hong Kong* pada tahun 2018. Kandungan Pb kerang hijau sebesar 5,62 mg/Kg. Sampel kerang hijau melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh BPOM dan SNI setara dengan 1,5 mg/Kg.

Abstract

Mussels are a popular biota used to detect pollution because of their relationship with sediments, their nature as *filter feeders*, and their ability to accumulate pollutants. Heavy metals that are exposed to shellfish and then consumed by humans, they will cause toxic effects on humans if accumulated at high concentrations, and can be neurotoxic, carcinogenic, mutagenic or teratogenic and even cause death. Chromium (Cr) can affect the respiratory tract, kidneys, blood vessels, and skin, while exposure to lead (Pb) can affect the nerves, respiratory, urinary tract, and can cause cardiovascular disease. The purpose of this study was to determine the levels of Cr and Pb in green mussels obtained from the Fish Auction Place, Klidang Lor, Batang Regency. This research was conducted quantitatively using the AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) method. The test results showed that green mussels contained 2.84 mg/Kg of chromium. The Cr level in the green mussel sample exceeded the limit of 1 mg/Kg set by the *Center for Food Safety, Hong Kong* in 2018. The Pb content of the green mussel was 5.62 mg/Kg. The green mussel sample exceeds the threshold set by BPOM and SNI equivalent to 1.5 mg/Kg.

Pendahuluan

Kabupaten Batang merupakan wilayah yang memiliki potensi perikanan dan lokasi yang strategis untuk mendukung proses pengembangan wilayah khususnya di bidang perikanan dan kelautan. Kabupaten Batang terletak di kawasan pesisir utara Jawa Tengah. Secara astronomis, Kabupaten Batang terletak pada 109°40'19" dan 110°03'06" BT serta 006°51'46" dan 007°11'47" LS dengan sebaran vegetasi alami yang beragam (Ariadi *et al.*, 2021). Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Klidang Lor berpotensi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat nelayan pesisir dan berfungsi sebagai tempat produksi ikan, pemasaran hasil laut, pendistribusian, pemantauan dan pengelolaan stok hasil laut salah satunya yaitu kerang.

Kerang adalah hewan laut tidak bertulang belakang (*Invertebrata*) yang termasuk dalam kelompok hewan bertubuh lunak (*Mollusca*). Pemanfaatan daging kerang sebagai sumber bahan makanan karena kandungan protein yang tinggi. Kerang simping (*Amusium pleuronectes*), kerang hijau (*Perna viridis*), kerang darah (*Anadara granosa*), kerang bulu (*Anadara antiquata*), dan kerang totok (*Polymesoda erosa*) adalah beberapa contoh kerang yang biasa dikonsumsi masyarakat (Purbonegoro, 2018).

Kerang tidak hanya berharga, kerang memiliki peran penting secara ekologis di perairan. Sifatnya yang *sessile* (menetap), *filter feeder* (mengambil makanannya dengan cara menyaring air), dan ketahanannya terhadap pencemar, sehingga biota ini memiliki peluang kecil untuk menghindari kontaminan. Kepadatan penduduk yang tinggi menyebabkan meningkatnya pencemaran laut dan salah satu penyebab pencemaran laut yaitu terdapatnya logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cd, dan Sn. Secara alami logam berat terakumulasi dalam tubuh kerang yang berarti bahwa seluruh komponen material baku yang terlarut dan tidak terlarut akan masuk ke dalam tubuh kerang hijau (Dharmadewi *et al.*, 2019).

Logam berat merupakan unsur yang massa jenisnya lebih dari 5 gr/cm³ (Adhani & Husaini, 2017) bahkan konsentrasi logam berat yang rendah pun beracun bagi hewan, tumbuhan dan manusia. Logam berat termasuk polutan yang berbahaya bagi kesehatan karena sifatnya yang *non-biodegradable* dan tidak stabil. Cr, Pb, Cd, Hg, Ar, dan Ni merupakan logam berat berbahaya yang sering mencemari lingkungan (Adhani & Husaini, 2017). Sumber pencemaran dapat berasal dari kegiatan alam maupun kegiatan manusia. Pencemaran yang berasal dari kegiatan manusia memiliki kontribusi yang lebih besar dari pada pencemaran yang berasal dari kegiatan alam.

Logam berat kromium dapat bersifat toksik dan karsinogenik dalam konsentrasi tinggi, penggunaan logam berat kromium sebagai pelapis dan pewarna cat (Batu *et al.*, 2019). *Centre For Food Safety, Hong Kong* tahun 2018 menetapkan batas standar 1 mg/Kg untuk kualitas kromium dalam kerang. Pencemaran logam berat kromium yang berlebihan dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia seperti menurunkan konsentrasi otak, merusak sel darah merah, dan menyerang syaraf (Handes *et al.*, 2021).

Selain kromium, timbal merupakan logam berat beracun dalam bentuk anorganik, diserap melalui pencernaan, air, dan inhalasi, biasanya digunakan sebagai pelumas pada pembakaran mesin bermotor. Keracunan timbal dapat menyebabkan kerusakan sistem saraf pusat dan perifer, penghambatan sintesis hemoglobin, kardiovaskular, dan reproduksi. Batasan kandungan timbal (Pb) pada kerang menurut BPOM No. HK.00.06.1.52.4011 dan SNI No.7387:2009 adalah 1,5 mg/Kg (Usman *et al.*, 2015).

Analisis logam berat dilakukan dengan *Atomic Absorption Spectrophotometry*. AAS merupakan teknik pengukuran berdasarkan jumlah radiasi yang diserap oleh atom ketika sejumlah radiasi menembus sistem yang mengandung atom. Metode ini merupakan salah satu metode analisis yang dapat digunakan untuk menentukan unsur-unsur pada suatu sampel dan dapat menganalisis sejumlah kecil sampel (Wulandari *et al.*, 2016). Metode ini mempunyai kelebihan berupa kepekaan, keakuratan, dan selektivitas yang tinggi (Anggitami *et al.*, 2021). Berdasarkan latar belakang di atas, logam berat merupakan masalah pencemaran lingkungan yang perlu mendapat perhatian sehingga dilakukan penelitian mengenai analisis kandungan logam berat kromium dan timbal pada kerang hijau. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan informasi kepada masyarakat agar lebih berhati-hati dalam mengkonsumsi kerang.

Metode

Pada penelitian ini dilakukan uji kuantitatif yaitu untuk menentukan kadar logam berat Cr dan Pb pada kerang hijau (*Perna viridis*) yang diambil dari Tempat Pelelangan Ikan, Klidang Lor, Kabupaten Batang. Tempat Pelelangan Ikan ini terletak di Kawasan perairan yang dikelilingi oleh berbagai aktivitas manusia (Pelabuhan perikanan, pelelangan ikan, pemukiman penduduk, serta Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya seperangkat alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) (*Shimadzu AA-7000*) dengan lampu katoda Cr (VI) dan Pb (II), *hot plate*, oven (*Memmert*), alat-alat gelas (*pyrex*), mikro pipet, kertas saring whatman, neraca analitik (*CGOLDENWALL*). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan kimia dengan kualitas pro analisis produksi *merck* seperti H₂O₂

30%, HNO₃ 65%, HCl 37%, NaOH 1M, baku standar Cr(NO₃)₆ dan Pb(NO₃)₂, sampel kerang hijau (*Perna viridis*), dan aquabides.

Preparasi sampel dilakukan dengan cara membuka cangkang kerang hijau terlebih dahulu, kemudian mencucinya dengan air mengalir, dan diambil bagian dagingnya. Sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 24 jam. Setelah kering, sampel ditimbang sebanyak 1 gram untuk proses destruksi. Metode destruksi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode destruksi basah. Sampel didestruksi dengan menambahkan 65% HNO₃ dan 30% H₂O₂ yang dipanaskan pada suhu 100°C. Larutan diencerkan dengan aquabides lalu disaring dan dihomogenkan. Konsentrasi logam berat dalam sampel ditentukan berdasarkan persamaan linier dari kurva kalibrasi (Rasydy *et al.*, 2021).

$$\text{Kadar kromium atau timbal (mg/Kg)} = \frac{c \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)}{B \text{ (Kg)}} \times V \text{ (L)}$$

Dimana:

- C = Konsentrasi Kadmium atau timbal dalam sampel yang dihitung dari kurva kalibrasi (mg/L)
 B = Bobot sampel dari larutan uji (kg)
 V = Volume larutan uji (L)

Pembuatan Kurva Standar Cr dan Pb

Larutan standar Cr(NO₃)₆ dan Pb(NO₃)₂ dengan konsentrasi 1000 mg/L dipipet masing-masing sebanyak 1 mL, lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar 10 mg/L. Larutan standar Cr(NO₃)₆ 10 mg/L dibuat menjadi larutan dengan konsentrasi 0,01; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5 mg/L, kemudian larutan tersebut diukur serapannya dengan *Atomic Absorption Spectrophotometry* pada panjang gelombang 357,9 nm (Batu *et al.*, 2019). Larutan standar Pb(NO₃)₂ 10 mg/L dibuat menjadi larutan dengan konsentrasi 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 mg/L, larutan diukur serapannya pada panjang gelombang 283,3 nm (Pb) (Ramdanawati *et al.*, 2017).

Hasil dan Pembahasan

Preparasi Sampel

Penyiapan sampel dilakukan dengan menimbang daging kerang hijau sebanyak 1 Kg, kemudian dioven pada suhu 80°C selama 24 jam. Haluskan sampel dengan menggunakan blender sehingga diperoleh serbuk berwarna kecoklatan, kemudian dilanjutkan dengan proses destruksi basah. Metode ini dipilih karena pengerjaannya tidak terlalu rumit, oksidasi terjadi secara terus menerus dan cepat, dan menggunakan suhu yang relatif rendah untuk mengurangi kehilangan mineral melalui penguapan. Destruksi dilakukan untuk memutuskan ikatan antara senyawa organik dengan logam yang akan dianalisis (Rahmawati *et al.*, 2015).

Proses destruksi dilakukan dengan menimbang sampel sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam gelas kimia. Tambahkan HNO₃ 65% dan dipanaskan pada suhu 100°C di atas *hotplate* sampai uap coklat menghilang. Penambahan HNO₃ dimaksudkan untuk menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan dan untuk mempercepat dekomposisi senyawa organik dalam sampel (Asmorowati *et al.*, 2020). Pemanasan digunakan untuk mempercepat proses pelarutan ikatan organik dan memekatkan larutan sehingga hanya tersisa senyawa anorganik. HNO₃ memiliki titik didih 121°C, sehingga pemanasan pada 100°C dapat menunda larutan HNO₃ cepat habis. Pada proses destruksi, muncul gelembung-gelembung gas berwarna coklat tipis, gas ini adalah NO₂. Adanya gas ini menunjukkan bahwa asam nitrat mengoksidasi bahan organik secara sempurna. Reaksi yang terjadi antara bahan organik dengan HNO₃ : (Wulandari & Sukei, 2013).



Setelah terbentuk gas coklat, larutan dipanaskan kembali pada suhu 100°C dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*, kemudian tambahkan H₂O₂ 30% secara bertahap. Penggunaan H₂O₂ bertindak sebagai oksidan untuk mengurangi kandungan karbon dan berfungsi untuk mempercepat proses dekomposisi oleh HNO₃, sehingga terjadi dekomposisi sempurna senyawa organik dalam sampel. Pemanasan dilakukan pada suhu 100°C karena pada suhu 100°C campuran HNO₃ dan H₂O₂ dapat bereaksi dengan baik (Wulandari & Sukei, 2013).

Hasil destruksi yang diperoleh berupa larutan jernih berwarna kuning muda, yang menandakan bahwa proses destruksi telah selesai. Setelah itu dinginkan larutan dan encerkan dengan aquabides sampai tanda batas. Larutan disaring dengan menggunakan kertas saring yang dimaksudkan untuk menghilangkan residu

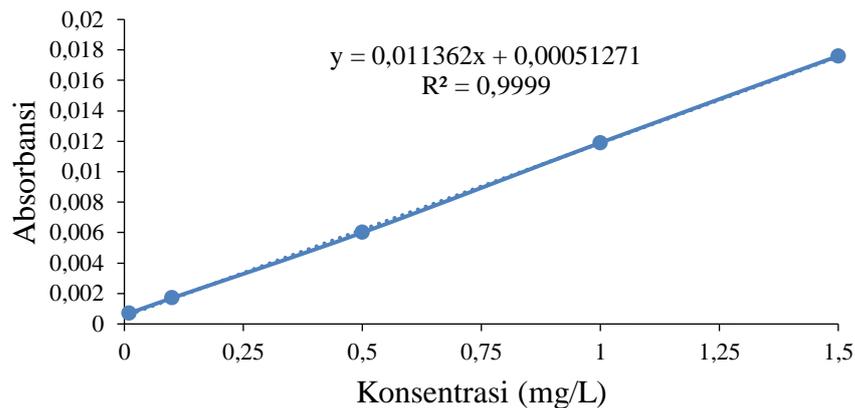
yang melayang-layang dalam larutan. Homogenkan larutan dan larutan siap dianalisis dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* untuk mengidentifikasi keberadaan Cr pada panjang gelombang 357,9 nm dan 283,3 nm untuk Pb (Ramdanawati *et al.*, 2017).

Analisis Kuantitatif

Untuk mengetahui kadar Cr dan Pb dalam sampel kerang hijau, maka dilakukan uji kuantitatif menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Langkah pertama diawali dengan pembuatan larutan standar Cr dan Pb.

1. Kromium

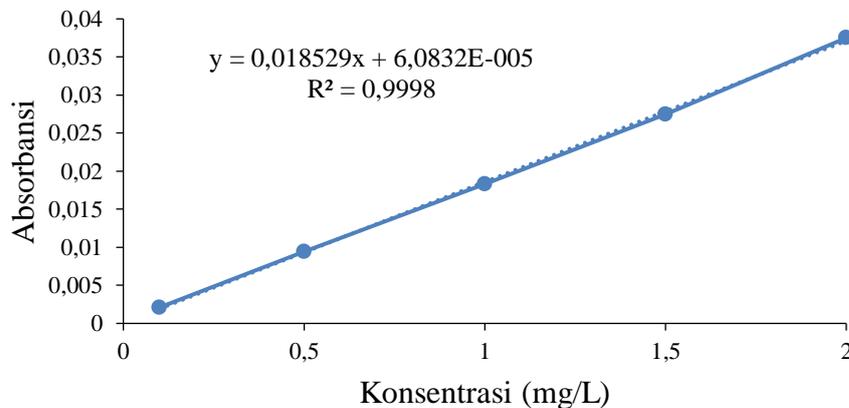
Panjang gelombang yang dipilih merupakan salah satu panjang gelombang yang menyerap paling kuat untuk transisi elektronik, lalu hasil absorbansi diplot menjadi kurva kalibrasi dan persamaan garis liniernya (Batu *et al.*, 2019). Hasil pengukuran larutan deret standar kromium diperoleh kurva kalibrasi dengan persamaan regresi linier $y = 0,011362x + 0,00051271$ dan koefisien korelasi (r) sebesar 0,9999. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan linier yang diperoleh adalah baik karena nilai koefisien korelasi mendekati 1 (Faruruwa & Bartholomew, 2014). Kurva kalibrasi Cr dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva kalibrasi kromium

2. Timbal

Panjang gelombang yang dipilih merupakan salah satu panjang gelombang yang menyerap paling kuat untuk transisi elektronik, lalu hasil absorbansi diplot menjadi kurva kalibrasi dan persamaan garis liniernya (Batu *et al.*, 2019). Hasil pengukuran larutan deret standar timbal diperoleh kurva kalibrasi dengan persamaan regresi linier $y = 0,018529x + 6,0832E-005$, dan koefisien korelasi (r) sebesar 0,9998. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan linier yang diperoleh adalah baik karena nilai koefisien korelasi mendekati 1 (Faruruwa & Bartholomew, 2014). Kurva kalibrasi Pb dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva kalibrasi timbal

Perlakuan selanjutnya adalah pengujian sampel dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) yang dilengkapi lampu katoda logam Cr dan Pb. Prinsip kerja AAS adalah sampel cairan yang masuk ke perangkat, terlebih dahulu diatomisasi dengan nebulizer. Nebulizer yang menarik larutan sampel menghasilkan tetesan halus yang disemprotkan ke tengah pembakar atom yang menyala. Atom dalam keadaan dasar kemudian bereaksi dengan sumber energi eksternal dalam bentuk HCl, yang membutuhkan sejumlah energi, untuk mendapatkan energi tersebut atom menyerap energi dari sumber cahaya AAS (Kusnadi, 2021). Pada penelitian ini sampel dibaca absorbansinya dengan panjang gelombang untuk logam Cr 357,9 nm dan logam Pb 283,3 nm. Hasil kadar kromium dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Kadar Kromium (mg/Kg)

Sampel	Replikasi	Kadar Cr(VI) (mg/Kg)	Rata-rata Kadar Cr(VI) (mg/Kg)
Kerang	1	3,57	2,84 ± 0,75
Hijau	2	2,87	
	3	2,07	

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kandungan Cr(VI) pada sampel kerang hijau sebesar 2,84 mg/Kg. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar kromium sampel melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh *Centre For Food Safety, Hong Kong* tahun 2018 sebesar 1mg/Kg. Mengonsumsi kerang yang mengandung kromium dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Pada saluran pernapasan, kromium meningkatkan risiko bronkitis, penurunan fungsi paru, pneumonia, dan perforasi septum hidung. Di ginjal, kelainan berupa nekrosis tubulus ginjal, penebalan pembuluh darah aorta akibat plak, dan pada kulit dapat menyebabkan ulkus kromium. kromium heksavalen memiliki kapasitas oksidatif yang tinggi dan toksisitasnya menyebabkan kematian sel (Murti & Sugihartono, 2020).

Tabel 2. Hasil Kadar Timbal (mg/Kg)

Sampel	Replikasi	Kadar Pb(II) (mg/Kg)	Rata-rata Kadar Pb(II) (mg/Kg)
Kerang	1	7,24	5,62 ± 1,53
Hijau	2	4,20	
	3	4,64	

Berdasarkan peraturan BPOM No. HK.00.06.1.52.4011 dan SNI No.7387:2009 kandungan timbal dalam kerang dibatasi hingga 1,5 mg/kg. Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan timbal pada kerang hijau sebesar 5,62 mg/Kg. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar sampel kerang hijau melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Paparan timbal dapat menyebabkan gangguan neurologis, pernapasan, saluran kemih, dan kardiovaskular melalui mekanisme pengaturan imunologis, oksidatif, dan inflamasi. Selain itu, timbal dapat menyebabkan ketidak seimbangan sistem oksidan dan antioksidan, memicu respon inflamasi pada organ, serta menyebabkan perubahan fisiologis pada tubuh (Balali-Mood et al., 2021).

Kadar logam berat yang terdeteksi kerang hijau dipengaruhi oleh beberapa faktor. Diantaranya meliputi kegiatan antropogenik, industri, pertanian, limbah rumah tangga, pembuangan air limbah PLTU. Limbah kimia dari produk akhir industri secara tidak sengaja masuk ke perairan, dapat juga berasal dari asap industri yang mengalami proses penguapan dan berubah menjadi uap air. Uap air melewati proses kondensasi dan air kembali ke tanah ataupun perairan dalam bentuk hujan.

Akumulasi logam berat pada organisme laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pH, suhu, tahap hidup telur dan larva, jenis logam berat salinitas, jenis atau ukuran organisme, lama pemaparan dan tingkat pencemaran air berupa COD (*Chemical Oxygen Demand*) (Adhani & Husaini, 2017). Uji kadar kromium dan timbal pada kerang hijau cenderung tinggi, hal ini disebabkan karena terbatasnya enzim sitokrom P450 di dalam tubuh kerang hijau. Enzim sitokrom P450 merupakan enzim hepatopankreas yang fungsinya untuk menonaktifkan logam yang masuk ke dalam tubuh dan dikeluarkan melalui urine dan feses (Sukarno, 2014).

Faktor lain yang menyebabkan tingginya kandungan logam pada kerang hijau karena habitat kerang hijau di muara berlumpur dan berpasir dengan cahaya dan pergerakan air yang cukup, serta salinitas yang tidak terlalu meningkat. Mangrove biasanya terletak dibagian tepi, sehingga lebih mudah terkena cemaran yang berasal dari daratan. Tumbuhan mangrove mempunyai kecenderungan untuk

mengakumulasi logam berat seperti Cr, Pb, Cu, Co, Mn, Ni, Fe, Zn dan Cd sehingga memungkinkan kerang hijau menyerap lebih banyak logam berat (Hastuti *et al.*, 2013).

Terdeteksinya logam Cr dan Pb dalam tubuh kerang tersebut diduga karena jenis organisme ini tidak dapat mengekskresikan dengan baik logam Cr dan Pb, sehingga terakumulasi secara terus menerus dalam jaringan. Dalam penelitian ini, kerang hijau dipilih karena kerang dianggap sebagai spesies indikator untuk pencemaran logam berat. Kemampuannya yang kuat untuk mengakumulasi logam berat dapat mencerminkan konsentrasi logam di lingkungan pesisir. Kerang merupakan produk perairan yang sangat penting di Indonesia karena mengandung banyak protein, dikonsumsi banyak orang, murah dan mudah didapat. Oleh karena itu, kerang yang dikonsumsi manusia yang terkontaminasi logam berat sangat berbahaya dan dapat menimbulkan dampak buruk berupa keracunan logam berat (Dharmadewi *et al.*, 2019).

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kandungan Cr dan Pb terdeteksi pada sampel kerang hijau. Kadar kromium yang terdapat pada kerang hijau sebesar 2,84 mg/Kg, kadar tersebut melebihi batas mutu yang telah ditetapkan oleh *Centre For Food Safety, Hong Kong* tahun 2018 sebesar 1 mg/Kg. Sedangkan untuk kadar timbal pada kerang hijau sebesar 5,62 mg/Kg, sampel tersebut kadarnya melebihi batas yang telah ditetapkan oleh BPOM dan SNI sebesar 1,5 mg/Kg.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan yang telah menyediakan fasilitas untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Referensi

- Adhani, R., & Husaini, H. (2017). logam Berat Sekitar Manusia. In *Banjarmasin : Lambung Mangkurat University Press* (Vol. 4, Issue 1, pp. 88–100).
- Anggitami, A., Setyorini, D. A., Azis, M. Y., & Rahayu, R. S. (2021). Analisis Logam Cr(III) Hasil Reduksi Cr(VI) dengan Teknik Voltametri Lucutan Menggunakan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi EDTA: Studi Pendahuluan. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 17(2), 185–191.
- Ariadi, H., Pranggono, H., Fitriya Ningrum, L., & Khairoh, N. (2021). Studi Eco-Teknis Keberadaan Tempat Pelelangan Ikan (Tpi) Di Kabupaten Batang, Jawa Tengah: Mini Riview. *RISTEK : Jurnal Riset, Inovasi Dan Teknologi Kabupaten Batang*, 5(2), 73–80.
- Asmorowati, D. S., Sumarti, S. S., & Kristanti, I. I. (2020). Perbandingan Metode Destruksi Basah dan Destruksi Kering untuk Analisis Timbal dalam Tanah di Sekitar Laboratorium Kimia FMIPA UNNES. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(3), 169–173.
- Balali-Mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., Khazdair, M. R., & Sadeghi, M. (2021). Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic. *Frontiers in Pharmacology*, 12(April), 1–19.
- Batu, M. S., Tea, M. T. D., Siahaya, A. N., & Utubira, Y. (2019). Analisis kandungan logam berat kromium (Cr) dalam sedimen di perairan Teluk Ambon bagian dalam. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 2(2622–1020), 58–60.
- BPOM RI, *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan*. BPOM RI, 2018.
- Dharmadewi, I. M., Wiadnyanab, & Gede, G. A. (2019). Analisis kandungan logam berat timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada kerang hijau (*Perna viridis* L.) yang beredar di Pasar Badung. *Jurnal Emasains: Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 8(2), 161–169.

- Faruruwa, M. D., & Bartholomew, S. P. (2014). Study of heavy metals content in facial cosmetics obtained from open markets and superstores within Kaduna metropolis, Nigeria. *American Journal of Chemistry and Application*, 1(2), 27–33.
- Handes, T., Permatasari, D. A. I., & Mahardika, M. P. (2021). Analisis Logam Cd, Cr, Cu dan Pb Pada Air Sumur di Sekitar Kampus Universitas Duta Bangsa Surakarta Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Duta Pharma Journal*, 1(1), 48–56.
- Hastuti, E. D., Anggoro, S., & Pribadi, R. (2013). Pengaruh Jenis dan Kerapatan Vegetasi Mangrove terhadap Kandungan Cd dan Cr Sedimen di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 2006, 331–336.
- Kusnadi, K. (2021). Analisa Kadar Logam Timbal (Pb) Dalam Tanaman Lidah Mertua (*Sansiviera Sp.*) Di Kota Tegal Dengan Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 1(1), 12–17.
- Murti, R. S., & Sugihartono, S. (2020). Bahaya Kromium Hexavalen (Cr VI) Pada Kulit Dan Produk Kulit Samak Krom Serta Upaya Pencegahannya. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(2), 241–252.
- Purbonegoro, T. (2018). Potensi Bivalvia Sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Di Wilayah Pesisir. *Oseana*, 43(3), 61–71.
- Rahmawati, E., Dewi, D. C., Fasya, A. G., & Fauziyah, B. (2015). Analysis of Metal Copper Concentration at Candy using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). *Alchemy*, 4(1), 39–43.
- Ramdanawati, L., Emawati, E., Asmayati, B. E., Tinggi, S., & Bandung, F. (2017). Analisis Kadar Cemaran Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Sampel Ikan Air Tawar Dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Analysis Of Lead (Pb) And Cadmium (Cd) On Freshwater Fish Using Atomic Absorption. *Farmagazine*, IV(2), 26–30.
- Rasydy, L. O. A., Sylvia, D., & Zein, Z. A. (2021). Analisis Logam Berat Pada Beras (*Oriza sativa L.*) Yang Ditanam Di Daerah Industri Karet Mekar Jaya. *VIII(1)*, 66–74.
- Sukarno, R. (2014). Penentuan kadar timbal dan cadmium dalam kerang hijau (*Perna viridis L.*) hasil budidaya perikanan di Kabupaten Cirebon (Laporan tugas akhir diploma) Program Keahlian Analisis Kimia Program Diploma Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Usman, A. F., Budimawan, B., & Budi, P. (2015). Kandungan Logam Berat Pb-Cd Dan Kualitas Air. *Agrokompleks*, 4(9), 103–107.
- Wulandari, E. A., & Sukesri. (2013). Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd dan Cu dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (*Eucheuma Cottonii*). *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(2), 15–17.
- Wulandari, J., Asrizal, & Zulhendri. (2016). Analisis Kadar Logam Berat Pada Limbah Industri Kelapa Sawit Berdasarkan Hasil Pengukuran Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). *Pillar of Physics*, 8, 57–64.