



ARTIKEL RISET

URL artikel: <http://jurnal.fkm.umi.ac.id/index.php/woph/article/view/woph1608>

BIOAKUMULASI LOGAM BERAT ARSEN PADA KERANG DARAH (ANADARA GRANOSA) DAN SEDIMEN DI MUARA SUNGAI TALLO KOTA MAKASSAR

^KNurul Ananda Putri¹, Muhammad Ikhtiar², Abdul Gafur³

^{1,2,3}Peminatan Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muslim Indonesia

Email Penulis Korespondensi (^K): nurulanandaputri0905@gmail.com

nurulanandaputri0905@gmail.com¹, ikhtiarkesling@gmail.com², abd.gafur@umi.ac.id³

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dan industri yang pesat dewasa ini ternyata membawa dampak bagi kehidupan manusia, baik dampak yang bersifat positif maupun negatif. Dampak yang bersifat positif diharapkan oleh manusia dalam rangka meningkatkan kualitas dan kenyamanan hidup. Sebaliknya dampak yang bersifat negatif tidak diharapkan karena dapat menurunkan kualitas dan kenyamanan hidup, sehingga harus dapat diatasi dengan sebaik-baiknya. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui bioakumulasi logam berat arsen (As) yang terdapat pada sedimen dan kerang di muara sungai Tallo Kota Makassar. Penelitian menggunakan metode observasional dengan pendekatan deskriptif. Subjek penelitian adalah kerang darah dan sedimen. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan *Grab* sampel, dan untuk pengambilan data dilakukan menggunakan kuesioner. Hasil pemeriksaan kadar logam berat arsen pada kerang dan sedimen di analisis melalui uji laboratorium, yaitu kandungan logam berat As pada kerang berkisar 0,001-0,004 dan sedimen <0,1. Kesimpulan yaitu kandungan logam berat As pada kerang Dari tiga titik pengambilan sampel kerang, semua menunjukkan kadar logam berat As dibawah standar, sedangkan untuk sedimen dari ketiga titik pengambilan dua diantaranya diatas baku mutu yang ditetapkan, yaitu 0,05 mg/kg, sementara untuk titik ketiga masih dibawah standar baku mutu.

Kata kunci : Bioakumulasi; logam berat; arsen; kerang; sedimen.

Article history :

PUBLISHED BY :

Pusat Kajian dan Pengelola Jurnal Fakultas
Kesehatan Masyarakat UMI

Address :

Jl. Urip Sumoharjo Km. 5 (Kampus II UMI)
Makassar, Sulawesi Selatan.

Email :

jurnal.woph@umi.ac.id

Received : 3 September 2020

Received in revised form: 13 November 2020

Accepted: 29 Desember 2020

Available online : 30 April 2021

licensed by [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



ABSTRACT

The rapid development of technology and industry today has had an impact on human life, both positive and negative impacts. Humans expect positive impacts in order to improve the quality and comfort of life. On the other hand, negative impacts are not expected because they can reduce the quality and comfort of life, so they must be handled as well as possible. The purpose of this study was to determine the bioaccumulation of heavy metal arsenic (As) in sediments and shellfish at the mouth of the Tallo river, Makassar City. This study used an observational method with a descriptive approach. The research subjects were blood shells and sediments. Sampling was done using the Grab sample, and for data collection was done using a questionnaire. The results of the examination of arsenic levels in shellfish and sediment were analyzed through laboratory tests, namely the heavy metal As content in shellfish ranged from 0.001 to 0.004 and sediment <0.1. The conclusion is that the content of heavy metal As in shellfish. the third is still below the quality standard.

Keywords : Bioaccumulation; heavy metal; arsenic; shellfish; sediment.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan industri yang pesat dewasa ini ternyata membawa dampak bagi kehidupan manusia, baik dampak yang bersifat positif maupun negatif. Dampak yang bersifat positif diharapkan oleh manusia dalam rangka meningkatkan kualitas dan kenyamanan hidup. Sebaliknya dampak yang bersifat negatif tidak diharapkan karena dapat menurunkan kualitas dan kenyamanan hidup, sehingga harus dapat diatasi dengan sebaik-baiknya. Meningkatnya sektor industri yang tidak berwawasan lingkungan akan menimbulkan resiko terjadinya pencemaran lingkungan.¹

Data dari *World Health Organization* (WHO) 2015 menemukan bahwa 663 juta penduduk masih kesulitan dalam mengakses air bersih. Berkaitan dengan krisis air ini, diramalkan pada tahun 2025 nanti hampir dua pertiga penduduk dunia akan tinggal di daerah-daerah yang mengalami kekurangan air. Ramalan itu dilansir *World Water Assesment Programme* (WWAP), bentukan *United Nation Educational, Scientific, and Cultural Organization*.²

Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran perairan mempunyai peran yang penting untuk kelangsungan generasi sekarang dan mendatang serta keseimbangan ekologis. Semakin meningkatnya populasi dan berkembangnya industri menyebabkan limbah padat dan cair semakin banyak. Limbah dari buangan industri dapat saja mengandung logam berat yang sangat berbahaya. Menurut Asmara (2010), sasaran utama dari kontaminan logam berat yang berasal dari limbah domestik dan industri adalah sistem perairan, yang salah satunya adalah sungai.³

Air sungai merupakan salah satu sumber air bersih yang biasa digunakan oleh masyarakat dalam kegiatan sehari-hari. Air sungai yang sudah dicemari oleh air limbah dapat berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat. Salah satu pengaruh air limbah yaitu bertambahnya tingkat kekeruhan air sungai dan kandungan cemaran logam berat yang dapat mengancam kehidupan biota dalam air.⁴

Logam berat pada perairan merupakan ancaman bagi makhluk hidup baik itu biota yang ada di dalam perairan tersebut, maupun pada tumbuh-tumbuhan dan manusia yang bergantung pada sumber air tersebut. Sumber logam berat di perairan bersumber dari alam (debu vulkanik, pengikisan bebatuan, dan lain-lain) dan aktivitas manusia (limbah domestik, limbah industri dan lain-lain). Logam berat memiliki sifat akumulatif di lingkungan. Keberadaan logam berat, Arsen (As) yang menumpuk pada air dan

sedimen akan masuk ke dalam kehidupan organisme di dalamnya, logam berat pada konsentrasi tertentu akan terakumulasi ke dalam air, biota, serta sedimen pada perairan tersebut, dan dapat menimbulkan efek toksik terhadap organisme di dalamnya.⁵

Logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan, yang terutama adalah Merkuri (Hg), Timbal (Pb), Arsenik (As), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), dan Nikel (Ni). Logam-logam tersebut diketahui dapat mengumpul di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam tubuh dalam jangka waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi.⁶

Menurut National Institute for Occupational Safety and Health, arsen inorganik bertanggung jawab terhadap berbagai gangguan kesehatan kronis, terutama kanker. Arsen juga dapat merusak ginjal dan bersifat racun yang sangat kuat (Istarani, 2015). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan nomor 416 Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air maksimum kadar logam berat yang diperkenankan ada dalam air bersih tiga diantaranya ialah untuk Timbal 0,05 mg/L, Arsen 0,05 mg/L, Kadmium 0,005 mg/L, sedangkan World Health Organization (WHO) menetapkan batasan maksimum Merkuri dalam air, yaitu 0,001 ppm.⁷

Kasus keracunan Arsen di Indonesia sendiri terjadi pada perusahaan tambang emas PT. Newmont Minahasa Raya. Perusahaan ini mulai memproduksi dan membuang limbahnya melalui pipa keperairan laut Teluk Buyat pada tahun 1996, selanjutnya secara bersamaan rakyat Pantai Buyat dihadapkan dengan sejumlah persoalan mulai dari kehilangan sumber air bersih, sebab Sungai Buyat yang merupakan satu satunya tempat untuk memenuhi kebutuhan air bersih berubah menjadi keruh seiring aktivitas perusahaan di hulu sungai kemudian muncul banyak penyakit misterius yang dialami oleh hampir seluruh warga, seperti gatal-gatal, sakit kepala yang berulang-ulang, perut sering mual, muntah, pembengkakan di beberapa bagian tubuh dan beberapa ibu sering mendadak pingsan.⁸

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Zainal (2018) di Muara Sungai Tallo berdasarkan parameter logam berat Cd dan Pb pada sedimentasi terdapat kandungan logam berat Cd dengan konsentrasi 8,92 mg/Kg dari standar yang ditentukan yaitu 1 mg/Kg, sedangkan Pb dengan konsentrasi rata-rata 110.44 mg/Kg dari standar yang ditentukan yaitu 33 mg/Kg, dari hasil penelitian disimpulkan bahwa air Sungai Tallo Kota Makassar telah tercemar dengan limbah logam berat.⁹

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di muara sungai Tallo yaitu pada masyarakat kelurahan Tallo khususnya RT 03/RW 05, Hal yang mendasar bahwa banyak warga yang cenderung mengkonsumsi kerang-kerangan yang berasal dari Muara Sungai Tallo karena mengingat harga sembakau yang cukup tinggi sehingga banyak warga yang menjadikan kerang-kerangan sebagai makanan pokok sehari-hari selain ikan dan kepiting khususnya masyarakat yang bermukim disekitar Muara Sungai Tallo Kota Makassar, sehingga menghawatirkan apabila kerang yang dikonsumsi terakumulasi logam berat khususnya logam berat Arsen (As). Berdasarkan uraian tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian bioakumulasi logam berat arsen (As) dalam kerang dan sedimen di muara sungai Tallo Kota Makassar tahun 2020.

METODE

Jenis metode yang digunakan pada penelitian ini adalah observasional dengan pendekatan deskriptif yang bertujuan untuk mengetahui bioakumulasi logam berat arsen (As) pada kerang darah (*Anadara granosa*) dan sedimen yang diambil di perairan Sungai Tallo Kota Makassar Tahun 2020. Penelitian ini meliputi observasi lapangan dan pengambilan sampel dan dilanjutkan pemeriksaan di Laboratorium, analisa data serta penyusunan laporan hasil penelitian.

HASIL

Berdasarkan tabel 1 hasil pemeriksaan sampel Kerang darah (*Anadara granosa*), untuk menentukan kadar logam berat Arsen (As) berdasarkan Standar Nasional Indonesia Tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pengukuran konsentrasi logam berat As pada kerang darah

Kode Sampel	Sampel	Hasil Pemeriksaan Arsen (As)
Stasiun I	Kerang darah	0.002
Stasiun II	Kerang darah	0.004
Stasiun III	Kerang darah	0.001

Berdasarkan tabel 2 hasil pemeriksaan sampel Sedimen, untuk menentukan kadar logam berat Arsen (As) berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air adalah seperti dibawah ini

Tabel 2. Hasil pengukuran konsentrasi logam berat As pada Sedimen

Kode Sampel	Sampel	Hasil Pemeriksaan Arsen (As)
Stasiun I	Sedimen	0.0375
Stasiun II	Sedimen	0.0460
Stasiun III	Sedimen	0.02

Faktor Bioakumulasi dihitung untuk mengetahui kemampuan kerang Darah (*Anadara granosa*) dan kerang bakau (*Polymesoda bengalensis*) mengakumulasi logam berat Pb dan Zn melalui tingkat biokonsentrasi faktor (BCF)

Tabel 3. Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF_{o-s}) Logam As pada Kerang darah

Titik Pengambilan	Nilai BCF Logam Arsen (As)
Stasiun I	0,06
Stasiun II	0,08
Stasiun III	0,05
Rata-rata	0,06

PEMBAHASAN

Kerang merupakan salah satu komoditas yang banyak terdapat di muara Sungai. Kerang dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan antara lain sebagai bahan makanan sumber protein. Kerang dapat mengakumulasi logam lebih besar daripada hewan air lainnya karena sifatnya yang menetap dan menyaring makanannya (filter feeder) serta lambat untuk dapat menghindarkan diri dari pengaruh polusi. Oleh karena itu, jenis kerang merupakan indikator yang sangat baik untuk memonitor suatu pencemaran logam dalam lingkungan perairan.¹⁰

Kadar logam berat arsen (As) pada daging kerang darah (Tabel 1) saat pengambilan data menunjukkan penurunan, hasil analisis yang di dapat yaitu di stasiun I 0,002 mg/kg, stasiun II 0,004, dan stasiun III 0,001. Apabila mengacu pada SNI No. 7387 Tahun 2009 mengenai batas maksimum logam berat dalam makanan, kadar As yang diperbolehkan dalam tubuh biota air yaitu sebesar 1,0 mg/kg. Hasil analisis yang diperoleh menunjukkan masih di bawah ambang batas yang diperbolehkan, akan tetapi tetap perlu diwaspadai sebab sifat logam berat yang dapat terakumulasi di dalam tubuh, sehingga apabila mengkonsumsi biota laut yang mengandung Arsen secara terus menerus dapat berdampak buruk pada spektrum yang luas pada organ tubuh, mulai dari mata, kulit, darah, dan liver.

Salah satu faktor yang mungkin dapat menjadi penjelasan rendahnya hasil analisis kadar logam berat Arsen pada kerang darah disetiap stasiun pengamatan bahwa bioakumulasi logam berat dalam kerang sangat tergantung pada faktor geokimiawi dan biologis. Diantara faktor biologis sendiri terjadi perbedaan kemampuan bioakumulasi antar jenis biota yang berbeda. Akumulasi logam berat dapat terjadi juga karena faktor umur, ukuran, jenis kelamin, genotype, phenotype, aktifitas makan, dan status reproduksi. Sedangkan faktor geokimiawi yang mempengaruhi bioakumulasi adalah karbon organik, kesadahan air, temperatur, pH, oksigen terlarut, ukuran sedimen, dan sistem hidrologis.¹¹

Hal ini dapat dibuktikan dimana hasil rata-rata yang didapatkan dari pengukuran pH yaitu 5,89 sementara nilai pH ideal bagi air laut berkisar pada pH 7 hingga 8,5 (KMNLH, 2004). Hal ini berkaitan dengan kelarutan Arsen yang tergantung pada nilai pH air yaitu semakin rendah nilai pH air (semakin asam) maka Arsen dalam air semakin rendah dan sebaliknya semakin tinggi nilai pH air (semakin basa) maka Arsen dalam air akan semakin tinggi dan ini yang menjadi salah satu faktor geokimiawi yang mempengaruhi kemampuan kerang dalam mengakumulasi logam berat Arsen.¹²

Penelitian serupa juga pernah di lakukan Suryono dkk (2018) yang berjudul Kontaminasi Arsen, Merkuri dan Magnesium pada Air Laut, Sedimen dan Anadara inaequivalvis (Mollusca: Bivalvia, Bruguiera, 1792) di Perairan Brebes, Indonesia yaitu didapatkan konsentrasi Arsen (As) dalam daging kerang dan air laut menunjukkan korelasi dan perbedaan nyata yaitu didapatkan hasil As ($r = 0,56$, $p \geq 0,05$).¹³

Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mabuut dkk (2017) yang berjudul Analisis Kandungan Logam Berat Arsen (As) Pada Air, Ikan, Kerang, Dan Sedimen Di Daerah Aliran Sungai Tondano Tahun 2017 dimana hasil yang didapatkan dari perhitungan kadar Logam Berat Arsen (As) juga di bawah standar baku mutu yaitu di titik I 0,10 mg/kg, di titik II 0,15 mg/kg, dan di titik III

yaitu 0,32 mg/kg dari hasil ini dapat dilihat bahwa di setiap titik pengambilan sampel hasil yang didapati tidak melebihi batas maksimum yang ditentukan SIN 2009 yaitu $\leq 1,0$ mg/kg.¹⁴

Logam berat Arsen (As) yang terdapat dalam sedimen di muara sungai Tallo Makassar (Tabel 2) konsentrasinya sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan yang terdapat pada kerang darah. Tingginya logam Arsen di lingkungan merupakan hal yang logis karena logam tersebut secara alami terdapat dalam batuan dan ditambah masukan dari aktivitas manusia, jadi merupakan hal yang wajar jika kadar arsen pada sedimen lebih tinggi dibanding dengan yang terdapat pada bivalvia. Informasi lebih lanjut mengatakan bahwa logam Arsenik tersebar di semua lingkungan, biasanya ditemukan dalam jumlah kecil seperti didalam batu, tanah, air maupun jaringan organisme.

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Kasan dkk (2015) yang berjudul Telaah Kandungan Arsen Pada Sedimen Di Estuari Sungai Marisa, Kabupaten Pohuwato, Gorontalo dimana hasil pemeriksaan kadar arsen yang didapatkan Dari keempat tempat pengambilan sampel didapatkan kandungan arsen pada sampel sedimen adalah di Desa Hele titik 1 yaitu sebesar 4 mg/kg berat kering selanjutnya di Desa Batu pasang titik 2 yaitu sebesar 3 mg/kg berat kering kemudian di Desa Buntulia titik 3 yaitu sebesar 3 mg/kg dan di Desa Bulili (titik 4) mempunyai konsentrasi sebesar 2 mg/kg dimana hasil dari ke empat titik tersebut melebihi standar baku mutu peraturan pemerintah No.82 Tahun 2001 yaitu 0.05 mg/kg.¹⁵

Untuk mengevaluasi besarnya bioakumulasi logam dalam bivalvia, maka faktor bioakumulasi (BAF) dan faktor bioakumulasi sedimen (BSAF) dihitung, dan hasilnya disajikan pada (Tabel 3). Nilai BCF yang didapatkan dari ketiga titik pengambilan berada pada kategori rendah. Hal ini di karenakan kemampuan suatu organisme kerang dalam mengakumulasi logam berbeda-beda, sebagaimana dilaporkan oleh Ariffin et al. (2014) tentang perbandingan bioakumulasi logam pada beberapa jenis kerang bivalvia. Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme tergantung pada konsentrasi logam berat dalam air atau lingkungan, suhu, pH dan salinitas. Meskipun pengukuran suhu air pada siang hari menunjukkan lebih tingginya suhu pada titik pengambilan kerang darah (29,9°C - 30,2°C), namun dari hasil pengukuran pH yang telah didapatkan tergolong rendah (5,96 – 6,03) karena untuk logam berat Arsen kelarutannya selain dari suhu juga tergantung dari kadar pH air itu sendiri.

Berbeda dengan penelitian Rumampuk (2015), yang berjudul Bioakumulasi Total merkuri, Arsen, Kromium, Cadmium, Timbal di teluk Totok dan Teluk Buyat, Sulawesi Utara yang secara umum dapat disimpulkan bahwa akumulasi logam berat pada biota di Teluk Totok dan Teluk Buyat khususnya logam Berat Arsen lebih tinggi dari yang terakumulasi pada biota di muara sungai Tallo Makassar dapat di lihat dari hasil perhitungan yang didapat yaitu pada ikan (0,5), gastropoda (7,5), dan plankton (0,5). Salah satu penyebab yang mungkin adalah masuknya bahan sisa suatu kegiatan yang dihasilkan antara lain dari hasil pertambangan. Limbah tambang (tailing) diprihatinkan karena berpotensi mengandung racun berbahaya bagi manusia dan lingkungan.¹⁶

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pemeriksaan kadar logam berat arsen pada kerang dan sedimen di analisis melalui uji laboratorium. Dari tiga titik pengambilan sampel kerang, semua menunjukkan kadar logam berat As dibawah standar (SNI:2009), sedangkan untuk sedimen dari ketiga titik pengambilan dua diantaranya diatas baku mutu yang ditetapkan (PP) (2001) yaitu 0,05 mg/kg, sementara untuk titik ketiga masih dibawah standar baku mutu (PP) (2001). Sehingga diharap untuk penelitian selanjutnya mahasiswa lebih peduli akan dampak logam berat khususnya logam berat Arsen agar menjadi acuan masyarakat untuk waspada dan mulai mengurangi jumlah asupan kerang di sekitar muara sungai yang sudah mulai mengandung logam berat Arsen (As) agar tidak mengalami risiko kesehatan terhadap paparan logam berat Arsen (As).

DAFTAR PUSTAKA

1. Handyani Intan R. Akumulasi Logam Berat Kromium (Cr) Pada Daging Ikan Nila Merah (*Oreochromis sp*) Dalam Karamba Jaring Apung (KJA) di Sungai Winongo Yogyakarta. *J MIPA Unnes*. 2015;37(2):123–9.
2. Utami, S. 2017. Ketersediaan Air Bersih Untuk Kesehatan: Kasus Dalam Pencegahan Diare Pada Anak.
3. Zarkasyi, H. 2016. Biosorpsi Logam Merkuri (Hg) oleh *Bacillus Megaterium* Asal Hilir Sungai Cisadane. Skripsi. Jakarta. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Fakultas Sains dan Teknologi. Jurusan Biologi.
4. Prihatiningsih D, Sudarma N, Putri Dwi Dilisca Nova Luh N. Studi Kelayakan Mata Air Sebagai Sumber Air Minum Tanpa Pengolahan di Desa Kukuh, Tabanan. 2018;(November):405–12.
5. Putri, D. D. N. L. N. 2018. Studi Kelayakan Mata Air Sebagai Sumber Air Minum Tanpa Pengolahan di Desa Kukuh, tabanam. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Wira Medika Bali.
6. Munandar S. Faktor yang Berhubungan dengan Kadar Arsen (As) dalam Urin Masyarakat Kelurahan Kawatuna Kecamatan Mantikulore Sulawesi Tengan. Universitas Hasanuddin; 2017
7. Pandebesie SE, Istarani F. Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) Terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. 2016;3(1):1–6.
8. Ibrahim E, Daud A, Kusumawati M. Analisis Risiko Arsen (As) Dalam Ikan Kembung dan Kerang Darah di Wilayah Pesisir Makassar. :1–13.
9. Zainal Utami A, I RHA. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium(Cd) Dalam Kerang Hijau (*Perna Viridis*) di Muara Sungai Tallo Kota Makassar Tahun 2016. 2018;1(Cd):13–24.
10. Rumampuk C.D N, Rompas Max R, Kasan R. Telaah Kandungan Arsen Pada Sedimen di Estuari Sungai Marisa, Kabupaten Pohuwato, Gorontalo. 2015;62–8.
11. Suryono CA, Widada S, Rochaddi B, Ari W, Susilo S. Kontaminasi Arsen , Merkuri dan Magnesium pada Air Laut , Sedimen dan Anadara inaequalvis (Mollusca : Bivalvia , Bruguiera , 1792) di Perairan Brebes , Indonesia. 2018;21(November):150–4.

12. Mabuath JC, Maddusa SS, Boky H. Analisis Kandungan Logam Berat Arsen (As) Pada Air, Ikan, Kerang, dan Sdimen di Daerah Aliran Sungai Tondano Tahun 2017. 2017;1-11.
13. Amansyah M, Syarif AN. Analisis Kandungan Logam Berat pada Kerang Ana Dara dari Daerah Hilir Sungai Jeneberang. 2015;7:85-98.
14. Hadiyanto A, Hendrarto B, Amriani. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa L*) dan Kerang Bakau (*Polymesoda bngalensis L*) di Perairan Teluk Kendari. 2016;9(2):45-50.
15. Warouw V, Rumampuk . C.D N. Bioakumulasi Total Merkuri, Arsen, Kromium, Cadmium, Timbal di Teluk Totok dan Teluk Buyat, Sulawesi Utara. 2015;2:49-59.
16. Amelia, F. Ismarti, I. Ramses, R. Biokonsentrasi Faktor Logam Berat pada Kerang dari Perairan Batam, Kepulauan Riau, Indonesia. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*. 2019;4:152-163.