



Jenis Artikel: *original research*

## Uji Efektivitas Cangkang Keong Mas (*Pomacea Canaliculata L*) sebagai Biosorben dalam Menyerap Logam Timbal (Pb)

Risna Mauriza<sup>1</sup>, T. Muhammad Ashari<sup>1</sup>, Husnawati Yahya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh, Indonesia  
Corresponding Email : t.m.ashari@gmail.com

### KATA KUNCI:

Logam Berat, Pb,  
Absorben,  
Cangkang Keong  
Mas

**ABSTRAK.** Logam berat Pb merupakan logam berat yang berbahaya bagi kesehatan. Salah satu cara untuk mengurangi adanya kandungan logam Pb dapat dilakukan dengan penggunaan adsorben. Di dalam cangkang keong mas mengandung banyak kalsium karbonat. Kalsium karbonat dapat dijadikan sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk menguji keefektifan serbuk cangkang keong mas dalam menyerap logam Pb. Penelitian merupakan penelitian kuantitatif. Sedangkan variabel bebas terdiri dari variasi massa serbuk dan waktu pengadukan. Massa serbuk keong mas yang digunakan yaitu 0 gr; 5 gr; 10 gr; 15 gr dan 20 gr dengan variasi waktu pengadukan selama 15 menit dan 30 menit untuk tiap sampel Pb. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh didapatkan hasil efektivitas serbuk cangkang keong mas dalam menyerap Pb 10 ppm terdapat pada massa 5 gr serbuk cangkang keong mas dan dengan waktu pengadukan 15 menit yaitu sebesar 99,99% dengan hasil penurunan konsentrasi Pb 10 ppm menjadi Pb 0,0001 ppm.

Diterima: 23 Jul 2020  
Direvisi: 26 Jul 2020  
Diterbitkan: 29 Okt 2020  
Terbitan daring: 29 Okt 2020

### 1. Pendahuluan

Bijih logam berat yang terdapat di alam berasal dari bebatuan. Bijih logam berat sering digunakan manusia untuk keperluan sehari-hari. Diantara bijih logam berat yaitu Timbal (Pb) (Kusnet, 2013). Logam Pb sering dimanfaatkan sebagai pelapis logam untuk menghindari karatan. Selain itu, timbal juga banyak digunakan

pada industri cat, industri baterai serta industri keramik (Sunarya, 2007). Terdapatnya logam berat di perairan dapat menimbulkan bahaya, baik itu bahaya pada kehidupan organisme perairan, maupun bahaya bagi kesehatan manusia. Hal tersebut sesuai dengan penjelasan mengenai sifat-sifat logam berat yang dibahas oleh Moore dan Ramamoorthy 1984 dalam Zulafian (2006) yaitu:

1. Sulit untuk didegradasi, sehingga sangat mudah masuk ke lingkungan.
2. Mampu bertahan di dalam jaringan organisme.
3. Memiliki EC10 dan LC50 - 96 jam yang rendah.
4. Mampu bertahan lama dalam tubuh biota laut.
5. Memiliki nilai faktor konsentrasi (concentration factor atau enrichment factor) yang besar.

Timbal merupakan salah satu logam yang banyak dikenal dengan sebutan timah hitam. Timah hitam atau timbal memiliki warna keabu-abuan dan mengkilat. Selain itu timbal mempunyai sifat mudah dibentuk, titik lebur yang rendah dan juga memiliki sifat kimia yang aktif sehingga sangat cocok digunakan untuk melapisi logam agar tidak korosif (Palar, 1994). Timbal adalah logam berat yang mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,20. Massa jenis timbal sebesar  $11,34 \text{ g/cm}^3$  dan mempunyai titik leleh pada suhu  $1740^\circ\text{C}$  (Widowati, 2008). Timbal juga mempunyai sifat yang sulit larut di dalam air dingin. Akan tetapi timbal akan larut dengan asam nitrat, asam sulfat dan asam asetat pekat (Palar, 1994). Timbal merupakan salah satu logam yang memiliki sifat beracun dan berbahaya. Dimana timbal dapat masuk ke dalam ekosistem sehingga akan menimbulkan pencemaran, baik itu pencemaran, tanah, udara maupun air. Timbal yang masuk ke perairan biasanya berasal dari limbah buangan industri kimia, industri percetakan serta industri logam dan cat (Palar, 1994). Keberadaan timbal yang berlebihan akan berdampak terhadap kesehatan dan lingkungan. Dimana dampak dari paparan timbal dapat mengakibatkan berbagai gangguan. Terkhususnya dalam sistem organ seperti darah, sistem ginjal, sistem reproduksi, sistem pernafasan dan saluran cerna (Suciani, 2007).

Kebanyakan dari mata pencaharian penduduk Indonesia adalah sebagai petani sawah dan petani ladang (Suparta, 2010). Salah satu yang menjadi masalah petani adalah banyaknya hama pertanian yang menyerang tanaman budidaya. Salah satu hama pertanian adalah keong mas. Keong mas (*Pomacea canaliculata* L) adalah moluska hewan yang bertubuh lunak yang hidup di air tawar dan salah satu hama tanaman padi. Pestisida jenis moluksida sering digunakan oleh petani untuk menekan populasi keong mas. Kebanyakan pestisida yang digunakan merupakan jenis pestisida kimiawi seperti Abojo 60 WP, Bensida 70 WP, Nokeong 10 GR dan lain sebagainya (Lukmini, 2016). Keong mas (*Pomacea canaliculata* L) atau dikenal dengan sebutan siput murbai merupakan keong air tawar yang berasal dari Amerika. Awalnya keong mas dibawa ke Asia sebagai menu makanan lokal dan pada akhirnya dilepas begitu saja (Cowie, 2005). Kemudian lama kelamaan keong mas menyebar ke Filipina, Kamboja hingga Indonesia dan menjadi hama bagi padi petani. (Yunidawati, 2012).

Hewan ini dapat hidup dalam jangka waktu yang lama yaitu berkisar antara 2-6 tahun dengan siklus hidup lebih kurang 60 hari dengan fertilisasi yang tinggi (Sulistiono, 2007). Organisme ini mampu bertahan hidup pada kondisi yang ekstrim. Biasanya, organisme ini hidup di parit, rawa-rawa, sawah, irigasi, saluran air yang tergenang. Bahkan organisme ini dapat hidup di air yang kurang akan oksigen (Snyder dan Snyder, 1971).

Berdasarkan beberapa literatur, cangkang keong mas hampir seluruhnya terdiri dari kalsium karbonat, kalsium fosfat, kalsium silikat, magnesium karbonat besi dan zat organik lainnya (Gosu, 2011). Menurut Pambudi (2011), kalsium karbonat yang terdapat pada cangkang keong mas sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai adsorben. Sebelumnya telah ada penelitian oleh Simaremare (2013) tentang kalsium karbonat yang terdapat pada kerang dimanfaatkan untuk menjernihkan air, bahkan juga dapat mengurangi kandungan besi, mangan serta logam lainnya. Kemudian juga ada penelitian oleh Islami dkk (2014) membahas tentang penggunaan serbuk cangkang keong mas konsentrasi 10% dengan waktu kontak selama 20 jam mampu menyerap logam tembaga (Cu) dengan efisiensi penyerapan 99,98%. Penelitian Putri (2014) tentang pembuatan kitosan dari cangkang keong mas sebagai adsorben logam Fe pada air sumur, hasil penelitiannya menunjukkan bahwa cangkang keong mas mampu menyerap logam Fe sebanyak 87,54%

dengan jumlah 1,5 kg kitosan yang direndam selama 24 jam. Selain itu juga ada penelitian lain tentang pemanfaatan kitosan cangkang udang terhadap efisiensi penyerapan logam berat Cr, Zn, Ni, Cu dan Fe oleh Wiyarsi (2007) dengan hasil efisiensi penyerapan oleh kitosan yang optimum berturut-turut untuk logam Cr, Fe, Ni, Cu dan Zn adalah 98,44% (untuk berat kitosan 0,375 gr); 99,21% (kitosan 0,5 gr); 58,62% (kitosan 0,375 gr); 99,95 % (kitosan 0,375 gr) dan 56% (kitosan 0,5 gr).

Adsorpsi adalah suatu penyerapan yang terjadi pada bagian permukaan adsorben. Terjadinya adsorpsi disebabkan karena adanya daya tarik atom yang terdapat pada suatu padatan (adsorben) terhadap suatu zat tertentu (Atkins, 1999). Pada proses adsorpsi, adsorben cenderung akan menarik molekul-molekul yang menempel pada adsorben. Adsorben adalah suatu zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Menurut Cossich (2003), biosorpsi merupakan suatu proses penyerapan logam berat menggunakan bahan alami. Biosorpsi merupakan metode alternatif yang ramah lingkungan. Hal ini dikarenakan biosorpsi berasal dari bahan-bahan alami sehingga aman untuk lingkungan. faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi yaitu: jenis adsorbat dan sifat adsorben. Jenis adsorbat ditinjau dari ukuran adsorbat dan polaritas adsorbat sedangkan sifat adsorben ditinjau dari kemurnian adsorben, luas permukaan adsorben dan temperatur adsorben.

Biosorpsi merupakan salah satu teknik untuk mengolah limbah terbaru. Biosorpsi dapat menyisihkan maupun menghilangkan kandungan logam beracun yang ada di limbah cair. Dengan demikian biosorpsi ini dapat dipertimbangkan untuk digunakan sebagai teknologi yang digunakan untuk pengolahan limbah cair khususnya limbah cair industri (Martins, 2006). Biosorpsi merupakan salah satu teknik untuk mengolah limbah terbaru. Biosorpsi dapat menyisihkan maupun menghilangkan kandungan logam beracun yang ada di limbah cair. Dengan demikian biosorpsi ini dapat dipertimbangkan untuk digunakan sebagai teknologi yang digunakan untuk pengolahan limbah cair khususnya limbah cair industri (Martins, 2006).

Menurut Tzesus (1992), biosorben adalah biomaterial yang digunakan sebagai penyerap. Biomaterial dapat menyerap secara aktif dan pasif. Penyerapan secara aktif oleh biomaterial terjadi pada biomaterial hidup, sedangkan penyerapan pasif oleh material terjadi pada biomaterial mati. Oleh karena itu biomaterial dikatakan memiliki cara penyerapan yang unik.

Biosorpsi sangat menarik dipelajari dikarenakan materialnya banyak sekali tersedia di alam, pengoperasiannya mudah, serta ukuran partikelnya pun dapat diatur (Fourest dan Roux, 1992). Adapun biosorpsi yang sering digunakan dalam penyerapan logam berat adalah tumbuhan enceng gondok (Muhammad, 2009). Menurut Kargi dan Cikla (2006), biosorpsi lebih cocok digunakan untuk proses kimia dan fisika dikarenakan biosorpsi memiliki sifat-sifat seperti berikut Tanaman dapat digunakan sebagai biosorben, Biosorben murah, mudah didapat, Penyerapan ion logam selektif dapat menggunakan biosorben, Biosorpsi dapat dimanfaatkan pada kondisi lingkungan seperti pada pH, kekuatan ion, serta suhu.

Banyak upaya yang telah dilakukan untuk mengurangi logam berat. Salah satu teknik yang dapat digunakan berupa fitoekstraksi dan penggunaan karbon aktif sebagai adsorben (Nonong, 2010). Biosorben adalah bahan alami yang digunakan sebagai penyerap bahan kimia (Tzesus, 1992). Salah satu biosorben yang sering digunakan untuk menyerap logam berat adalah enceng gondok (Muhammad, 2009).

## 2. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat terdiri dari konsentrasi 10 ppm merkuri dan 10 ppm timbal. Sedangkan variabel bebas terdiri dari variasi massa serbuk cangkang keong mas. Masing-masing variasi massa serbuk cangkang keong mas yang digunakan adalah V1 = 0 gr serbuk cangkang keong mas dalam 100 ml larutan; V2= 5 gr serbuk cangkang keong mas dalam 100 ml larutan; V3= 10 gr serbuk cangkang keong mas dalam 100 ml larutan; V4= 15 gr serbuk cangkang keong mas dalam 100 ml larutan dan V5= 20 gr serbuk cangkang keong mas dalam 100 ml larutan. Variasi lama waktu pengadukan untuk setiap sampel perlakuan adsorben yaitu 15 menit dan 30 menit.

Cangkang keong mas dibersihkan lalu dicuci dengan air. Setelah cangkang dicuci, cangkang tersebut ditumbuk atau diblender sampai halus dan diayak dengan ayakan 100 mesh, setelah diayak serbuk cangkang keong mas dimasukkan ke dalam oven pada suhu 110 °C selama 3 jam (Utomo, 2014).

Pada penelitian ini, sampel Pb yang digunakan menggunakan larutan standar Pb 10ppm. Larutan standar Pb 10 ppm dibuat dengan cara memipet 1 ml larutan induk Pb 1000, kemudian larutan dimasukkan

kedalam labu ukur 100 ml dan diencerkan menggunakan aquadest hingga batas tera, sehingga didapatkan larutan Pb 10 ppm (SNI 6989. 8: 2004).

Proses penyerapan Pb dilakukan setelah membuat larutan standar logam timbal dengan konsentrasi 10 ppm dari larutan induk 1000 ppm dengan 100 ml akuades untuk tiap-tiap sampel (SNI 6989. 8 : 2004). Serbuk cangkang keong mas yang telah halus ditambahkan kedalam setiap perlakuan berturut-turut sebanyak 0 gr; 5 gr; 10 gr; 15 gr; dan 20 gr. Kemudian serbuk keong mas yang telah ditambahkan kedalam larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan putaran 100 rpm selama 15 menit untuk perlakuan pertama pada tiap-tiap sampel. Sedangkan untuk perlakuan kedua larutan 10 ppm timbal dibuat kembali dan ditambahkan pula variasi berat serbuk cangkang keong mas sesuai dengan perlakuan pertama. Setelah serbuk keong mas ditambahkan sesuai dengan variasi berat serbuk, maka kemudian larutan 10 ppm timbal yang ditambahkan serbuk diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 100 rpm selama 30 menit untuk tiap-tiap sampel. Setelah diaduk sesuai dengan waktu yang ditentukan, larutan didiamkan selama 24 jam (Syauqiah, 2011). Kemudian larutan yang telah didiamkan disaring menggunakan kertas saring (Herlandien, 2013). *Supernatant* yang dihasilkan dianalisis dengan AAS untuk menentukan kadar logam Pb.

Menurut Larasati (2015), efektivitas penyerapan logam berat dapat ditentukan dengan membandingkan konsentrasi logam mula-mula dengan konsentrasi logam setelah penyerapan, dengan persamaan berikut

(1)

### 3. Hasil dan Pembahasan

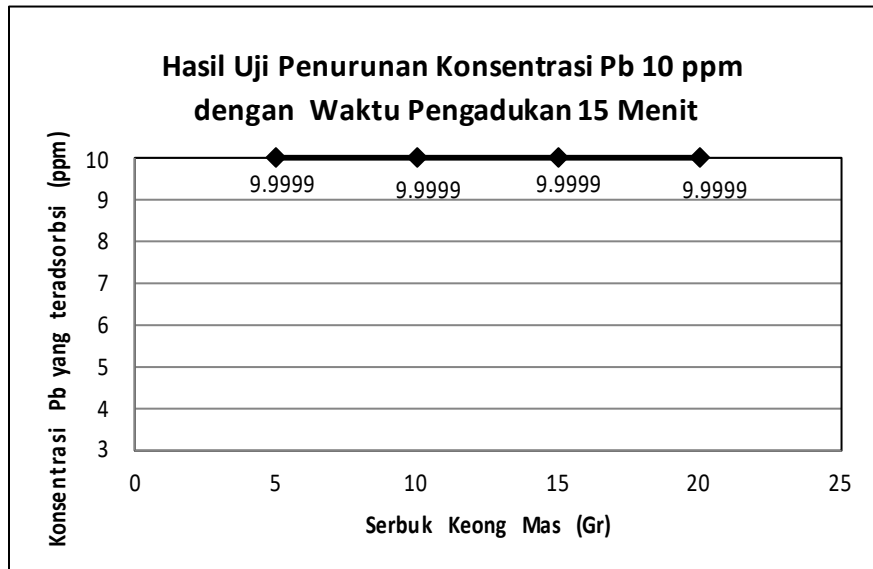
Penyerapan logam berat Pb juga dilakukan dengan memvariasikan massa serbuk keong mas serta waktu pengadukan. Variasi massa serbuk keong mas serta waktu pengadukan yang digunakan selama 15 menit. Dimana massa serbuk cangkang keong mas yang digunakan yaitu 5 gr; 10 gr; 15 gr dan 20 gr dengan waktu pengadukan 15 menit dengan kecepatan 100 rpm. Adapun hasil penurunan Pb dengan waktu pengadukan 15 menit dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 Hasil Penyerapan Pb dengan Waktu Pengadukan 15 Menit

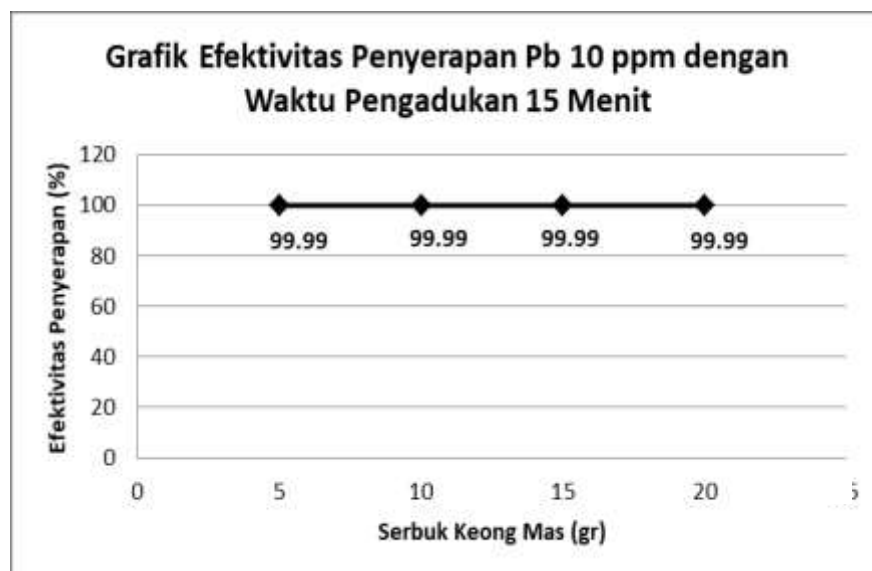
No	Massa Serbuk/ (gr)	Hasil Uji/ (mg/l)	Baku Mutu/ (PP.No 42 tahun 2008)	Efektivitas Penyerapan (%)
1	0	10	0,03	99,99
2	5	0,0001	0,03	99,99
3	10	0,0001	0,03	99,99
4	15	0,0001	0,03	99,99
5	20	0,0001	0,03	99,99

Berdasarkan tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa pada massa 5 gr serbuk cangkang keong mas dapat menurunkan konsentrasi Pb 10 ppm menjadi 0,0001ppm. Pada massa 10 gr juga menurunkan konsentrasi Pb menjadi 0,0001 ppm. Begitu pula dengan massa 15 gr dan 20 gr massa serbuk cangkang keong mas dapat menurunkan konsentrasi Pb 10 ppm menjadi 0,0001 ppm. Menurut Refilda (2001) menjelaskan bahwa semakin besar massa adsorben yang digunakan maka hasil yang didapatkan juga semakin baik. Hal ini dikarenakan semakin berat massa yang digunakan maka akan semakin bertambah jumlah partikel serta luas

permukaannya. Sehingga massa adsorben akan semakin banyak dapat mengikat ion logam berat. Hasil uji serta hasil efektivitas penyerapan kadar Pb 10 ppm dengan waktu pengadukan 15 menit dapat dilihat pada grafik- grafik dibawah ini.



Gambar 1 Hasil Uji Penurunan Pb 10 ppm dengan Waktu Pengadukan 15 Menit



Gambar 2 Grafik Efektivitas Penyerapan Pb dengan Waktu 15 Menit

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi Pb 10 ppm sangat baik. Hal ini dapat dilihat bahwa hasil efektivitas penyerapan Pb oleh massa 5 gr, 10 gr, 15 gr dan 20 gr serbuk cangkang

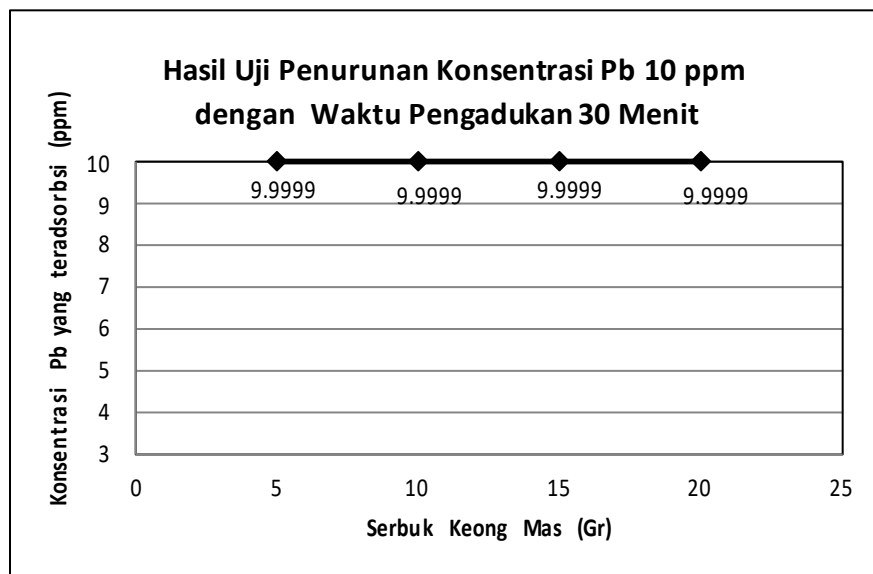
keong mas mencapai 99,99%. Hasil dari variasi massa serbuk cangkang keong mas oleh setiap variasi menghasilkan penurunan yang sama. Hal ini dikarenakan pada massa 5 gr sampai 20 gr serbuk cangkang keong mas mampu menyerap logam berat Pb dalam jumlah yang besar, sehingga dari massa 5 gr serbuk cangkang keong mas sampai massa 20 gr serbuk cangkang keong mas belum memiliki titik jenuh dalam menyerap logam berat Pb. Hal ini sesuai dengan pendapat Wijayanti (2018) mengatakan bahwa titik jenuh pada proses adsorpsi dapat ditandai dengan tidak terjadinya lagi penurunan logam bahkan dapat menaikkan kadar logam dari logam sebelumnya. Hal ini dikarenakan telah terjadinya proses desorpsi.

Penyerapan logam berat Pb dengan waktu pengadukan 30 menit juga mengalami penurunan yang sama pada konsentrasi 10 ppm Pb. Dimana pada waktu pengadukan 30 menit juga menghasilkan hasil yang sama dengan pengadukan 15 menit. Hal ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

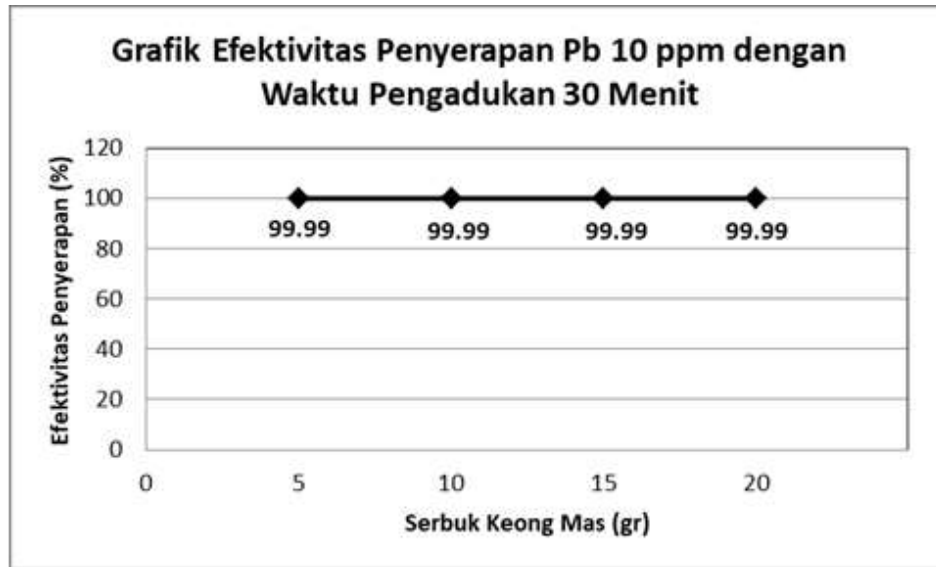
Tabel 2 Hasil Penyerapan Pb dengan Waktu Pengadukan 30 Menit

No	Massa Serbuk/ (gr)	Hasil Uji/ (mg/l)	Baku Mutu/ (PP.No 42 tahun 2008)	Efektivitas Penyerapan (%)
1	0	10	0,03	0
2	5	0,0001	0,03	99,99
3	10	0,0001	0,03	99,99
4	15	0,0001	0,03	99,99
5	20	0,0001	0,03	99,99

Adapun tabel penyerapan Pb dengan waktu pengadukan 30 menit dapat disajikan dalam grafik- grafik seperti dibawah ini.



Gambar 3. Hasil Uji Penurunan Pb 10 ppm dengan Waktu Pengadukan 30 Menit



Gambar 4 Grafik Efektivitas Penyerapan Pb dengan Waktu 30 Menit

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi Pb 10 ppm mengalami penurunan. Pengadukan 30 menit juga berpengaruh terhadap penurunan logam Pb seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. sebesar 99,99%. Perbedaan waktu pengadukan 15 menit dan 30 menit tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan logam Pb. Hal ini dikarenakan adsorben dari serbuk keong mas masih mampu menurunkan konsentrasi Pb dengan hasil yang sama. Syauqiah (2011) menyatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan adsorpsi adalah waktu pengadukan. Semakin lama waktu pengadukan yang digunakan semakin bagus proses penghomogenan sehingga proses adsorpsi semakin baik. Akan tetapi jika waktu kontak berlebihan akan merusak struktur adsorben, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

#### 4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah, Kadar serbuk cangkang keong mas dan waktu pengadukan yang efektif dalam menyerap logam berat Pb adalah pada kadar 5 gr dengan waktu pengadukan 15 menit yaitu sebesar 99,99%. Hasil penurunan konsentrasi Pb 10 ppm yang efektif terdapat pada kadar 5 gr serbuk keong mas dengan waktu waktu pengadukan 15 menit yaitu 0,0001 ppm.

#### Keterlibatan Penulis

RM melakukan pengumpulan data dan menulis naskah original dan revisi. TMA dan HY memberi gagasan pokok pengembangan.

#### Daftar Pustaka

- Atkins. (1999). *Kimia fisika 2*. Jakarta : Erlangga.
- Cowie, R.H. Hayes KA dan Thiengo SC. (2005). *Alien non-marine molluscs in the Islands of the Tropical and Subtropical Pacific: a review. American Malacological Bulletin.*( 95-103).
- Herlandien, Y. (2013). *Pemanfaatan Arang Aktif sebagai Adsorben Logam Berat dalam Air Lindi Di TPA Pakusari Jember*. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Kusnet Mj. (2013). *Poisoning dan drug overdose. Mercury*. London

- Larasati, A.I., Susanawati, L. D dan Suharto B. (2015). *Efektivitas Adsorpsi Logam Berat pada Air Lindi menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit dan Silika Gel di TPA Tlekung, Batu*, Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan. (44-48).
- Martins, B.l., Cruz C.V., Luna, A.S., dan Henriques, C.A. (2006). *A Sorption and Desorption of Pb ions by Dead Sargassum sp. Biomass*. Biochemical Engineering Journal. (310-314).
- Media dalam Mengurangi Kadar Kadmium pada Larutan Pupuk*. Jurnal Kesehatan Masyarakat. (41-48).
- Muhammad D, Chen F, Zhao J, Zhang G dan Wu F. (2009). *Comparison of EDTA and Citric Acid- Enhanced Phytoextraction of Heavy Metals in Artificially Metal Contaminated Soil by Typha angustifolia* Int J Phytoremediation. (558)
- Nonong. (2010). *Pemanfaatan Limbah Tahu sebagai Penyerap Logam Krom, Kadmium dan Besi dalam Air Lindi di TPA*, Jurnal Pembelajaran Sains, (257-269).
- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- SNI 6989. 8:2004. Air dan Air Limbah : *Cara Uji Timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Uap Dingin atau Mercury Analyzer*
- SNI 6989.78:2011. Air dan Air Limbah : *Cara Uji Raksa (Hg) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Uap Dingin atau Mercury Analyzer*.
- Snyder, N. F.R. dan Snyder, H. A. (1971). *Defenses of The Florida Apple Snail Pomacea paludosa*. (175-215)
- Suciani, S. (2007). *Kadar Timbal dalam Darah Polisi Lalu Lintas dan Hubungannya dengan Kadar Hemoglobin (Studi Pada Polisi Lalu Lintas yang Bertugas di Jalan Raya Kota Semarang)*. Tesis. Semarang: Magister Gizi Masyarakat Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Sulistiono. (2007). *Cara aman mengendalikan keong mas*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Sunarya. (2010). *Kimia Dasar I Berdasarkan Prinsip-Prinsip Kimia Terkini*. Bandung: Yarana.
- Syauqiah I, Amalia M dan Hetty Kartini A. (2011). *Analisis Variasi Waktu Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif*. Jurnal Info Teknik. (11)
- Tzesus, M dan Volesky B, (1992). *The Mekanism of Uranium Biosorption by Rhizopus arrhizus*. Biotechnol Bioeng. (385-401).
- Utomo S. (2014). *Pengaruh Waktu Aktivasi dan Ukuran Partikel terhadap Daya Serap Karbon Aktif dari Kulit Singkong dengan Aktivator NaOH*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2014. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Widowati dan Wahyu, (2008). *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta.
- Zulalfian. (2006). *Merkuri Antara Manfaat dan Efek Penggunaannya Bagi Kesehatan Manusia dan Lingkungan*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Kimia Analitik pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.