

## Adsorpsi Logam (Pb) dengan Menggunakan Biji Kelor sebagai Adsorben

Muh. Agus Sharah

Universitas Muslim Indonesia, Indonesia

agussharah888@gmail.com

| Received: 28/11/2023 | Revised: 06/12/2023 | Accepted: 08/12/2023 |

Copyright©2023 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

### Abstrak

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum, dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel periodic unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2 (Palar, 2008). Pb didalam air dalam bentuk  $Pb(OH)_2$ , Kebanyakan logam pb yang ada di bumi memasuki system perairan alam dan terakumulasi yang pada akhirnya bisa masuk kedalam tubuh baik hewan maupun manusia, dapat menyebarkan kecerdasan anak menurun, pertumbuhan badan terhambat, bahkan menimbulkan kelumpuhan, gejala lainnya seperti keracunan, mual, animea dan sakit perut. Salah satu bahan penyerap yang dapat digunakan dalam mengadsorpsi logam berat seperti timbal adalah dengan memanfaatkan biji kelor (*moringa oleifera*). Penelitian ini menggunakan metode mendapatkan data-data kuantitatif dan kualitatif yang diinginkan kadar logam pb sebelum di adsorpsi dan setelah di adsorpsi, waktu adsorpsi dan kualitas biji kelor sebagai adsorben, kemudian dianalisa proksimat. Hasil peneletian ini menunjukkan bahwa konsentrasi Pb pada air sungai tallo ialah sebesar 0,0204 mg/L tetapi setelah penambahan dengan menggunakan adsorben biji kelor konsentrasi pb nya turun menjadi <0,002mg/L, hal ini berarti biji kelor sangat baik untuk menyerap logam Pb. Biji kelor yang dikuliti cenderung lebih kuat menyerap daripada biji kelor yang utuh. Semakin lama waktu yg digunakan oleh adsorben untuk menyerap maka konsentrasi Pb pun semakin menurun sampai kemudia konsentrasi Pb tersebut relatif tetap.

Kata kunci: Adsorpsi; Absorben, Biji Kelor; Logam

### Abstract

*Lead or in everyday life is better known as lead, in scientific language it is called lead, and this metal is symbolized by Pb. This metal is included in group IV-A metals on the periodic table of chemical elements. It has an atomic number (NA) of 82 and an atomic weight (BA) of 207.2 (Palar, 2008). Lead in air is in the form of  $Pb(OH)_2$ . Most of the lead metal on earth enters natural water systems and accumulates, which can eventually enter the bodies of animals and humans, which can cause children's intelligence to decrease, stunted body growth, and even cause paralysis. other*

*symptoms such as poisoning, nausea, anemia, and stomach ache. One absorbent material that can be used to adsorb heavy metals such as lead is moringa oleifera seeds. This research uses a method to obtain the desired quantitative and qualitative data regarding PB metal content before adsorption and after adsorption, adsorption time, and quality of Moringa seeds as an adsorbent, then analyzed proximally. The results of the research showed that the Pb concentration in Tallo River water was 0.0204 mg/L, but after adding Moringa seed adsorbent, the Pb concentration dropped to <0.002mg/L, this means that Moringa seeds are very good at absorbing Pb metal. Hulled Moringa seeds tend to absorb more easily than whole Moringa seeds. The longer the adsorbent takes to adsorb, the Pb concentration decreases until the Pb concentration remains relatively constant.*

*Keywords: Adsorption; Absorbent, Moringa Seeds, Metal*

## **1. Pendahuluan**

Air merupakan salah satu kebutuhan hidup dan merupakan dasar bagi perikehidupan di bumi, tanpa air berbagai proses kehidupan tidak dapat berlangsung. Oleh karena itu, penyediaan air merupakan salah satu kebutuhan utama bagi manusia untuk berlangsung hidup dan menjadi faktor penentu dalam kesehatan dan kesejahteraan manusia (Sumantri, 2010). Air adalah bagian dari kehidupan di permukaan bumi, baik itu air tanah maupun air permukaan. Sungai merupakan sumber daya alam yang sungguh banyak serta memiliki fungsi untuk berbagai keperluan seperti keperluan domestik, pertanian, transportasi, rekreasi, olahraga dan sebagainya. Aktivitas manusia dalam menunjang kehidupannya tidak dapat dipisahkan dengan air, oleh sebab itu, air merupakan unsur utama dalam setiap sistem lingkungan hidup. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, maka kebutuhan kualitas air juga bertambah karena sejumlah air yang digunakan manusia beraktivitas sehari-hari, kurang lebih 80% akan dibuang dalam bentuk yang sudah kotor dan tercemar yang dikenal dengan nama limbah air (Rasyid, 2009).

Dari berbagai sumber tentang keberadaan logam berat yang mengandung unsur kimia yang berlebih pada lingkungan perairan dan darat disebabkan oleh aktifitas manusia seperti perindustrian, pariwisata, serta pembangunan yang tidak dikelola dengan baik serta kurangnya kesadaran masyarakat khususnya yang mendiami wilayah pesisir pantai dan sungai untuk tidak membuang sampah langsung ke perairan. Jadi sudah jelas bahwa pencemaran oleh limbah dan logam berat disebabkan oleh manusia itu sendiri. Adapun manusia yang dimaksudkan ialah manusia yang tidak memiliki kesadaran tentang kelestarian lingkungan karena kurangnya pengetahuan yang mumpuni akan dampak dari kerusakan lingkungan, seperti halnya pencemaran logam berat yang bersumber dari kegiatan industri yang menggunakan pembakaran dan bahan logam, adapun limbah yang dihasilkan akan masuk ke perairan karena tidak ditangani dengan baik sehingga laut pun menjadi tercemar.

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum, dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2 (Palar, 2008). Pb dalam air dalam bentuk  $Pb(OH)_2$ . Kebanyakan logam Pb yang ada di bumi memasuki sistem perairan alam dan terakumulasi yang pada akhirnya bisa masuk ke dalam tubuh baik hewan maupun manusia, dapat menyebabkan

kecerdasan anak menurun, pertumbuhan badan terhambat, bahkan menimbulkan kelumpuhan, gejala lainnya seperti keracunan, mual, animea dan sakit perut.

Salah satu cara untuk mengolah limbah timbal (Pb) adalah dengan cara adsorpsi. Adsorpsi merupakan metode yang relatif sederhana dan dapat menggunakan adsorben dari bahan-bahan alam dari sisa-sisa biomassa yang tidak terpakai (Eddy). Timbal (Pb) merupakan unsur yang tidak dapat dimusnahkan (*nondegradabel*) sehingga ada terus di alam. Untuk mengurangi kadar Pb pada air dapat digunakan suatu metode pengolahan adsorpsi. Adsorpsi atau penjerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penjerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (*zat terjerap, adsorbat*). Salah satu bahan penyerap yang dapat digunakan dalam mengadsorpsi logam berat seperti timbal adalah dengan memanfaatkan biji kelor *moringa oleifera*.

Menurut (Sri, 2010), bahwa biji buah kelor mengandung zat aktif 4-alfa-4-rhamnosoxy-benzil-isothiocyanate yang mampu mengadsorpsi dan menetralkan partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam limbah tersuspensi dengan partikel kotoran yang melayang di udara. Variabel-variabel yang mempunyai pengaruh pada proses adsorpsi adalah ukuran adsorben, jenis adsorben, konsentrasi adsorbat yang ingin di adsorpsi dan temperatur.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah untuk mengetahui; 1). Bagaimana pengaruh ukuran biji kelor terhadap efektifitas penjerapan logam Pb. 2). Bagaimana pengaruh waktu terhadap proses penjerapan logam Pb dengan menggunakan biji kelor sebagai adsorben. Dan Tujuan Penelitian ini adalah ; 1). Untuk Menentukan ukuran biji kelor yang efektif sebagai penjerap logam Pb, dan 2). Untuk Mengetahui pengaruh waktu terhadap proses penjerapan logam Pb. Manfaat penelitian adalah : 1). Memanfaatkan biji kelor sebagai adsorben untuk pengolahan logam pb untuk proses penjernihan air. 2). Memberikan informasi kepada masyarakat tentang manfaat biji kelor sebagai penjerap logam. 3).

## **2. Metodologi Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode mendapatkan data-data kuantitatif dan kualitatif yang diinginkan kadar logam pb sebelum di adsorpsi dan setelah di adsorpsi, waktu adsorpsi dan kualitas biji kelor sebagai adsorben, kemudian dianalisa proksimat. Penelitian di laksanakan di Balai Besar Standarisasi dan pelayanan jasa Industri Hasil Pertanian (BBIHP) jln. Prof. Abdurrahman Basalamah, Kecamatan Panakkukang Kota Makassar Sulawesi Selatan, selama 4 bulan yang di tunjukan pada alat dan bahan. Penelitian ini menggunakan labu erlemnyer dan menggunakan alat Atomic Adsorben Spektrofotometer (AAS), dan bahan baku yang digunakan adalah limbah air dan biji kelor yang di dapatkan dari daerah bogor, karena bahannya lebih praktis dan juga kualitasnya sangat baik. Variabel-variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel tetap yaitu variabel konsentrasi adsorbat dan variabel berubah dengan variabel ukuran dari adsorben dan waktu pada penambahan massa adsorben.

### **2.1 Prosedur Penelitian**

#### **1. Persiapan Bahan Baku**

Bahan baku air limbah yang diambil berasal dari sungai Tallo, yang selanjutnya di analisis kandungan timbalnya, adapun biji kelor atau adsorben dibuat dengan perlakuan yang pertama biji kelor tersebut dibiarkan utuh dan yang kedua biji kelor tersebut dikuliti

## 2. Proses Adsorpsi

Pada penelitian kali ini proses adsorpsi dilakukan melalui 2 perlakuan yakni:

1. Biji kelor yang tidak dikuliti (utuh) Untuk biji kelor yang utuh kita mengambil erlemenyer sebanyak 6 buah yakni: pada erlemenyer pertama tidak memasukkan biji kelor, hanya diisi dengan sampel limbah air sungai, untuk erlemenyer kedua, ketiga, keempat, kelima, dan keenam di masukkan biji kelor kemasing-masing erlemayer berturut-turut 2 gr, 4 gr, 6 gr, 8 gr, 10 gr. Lalu untuk variasi waktu pada erlemnyer kedua sampai keenam kita mengambil setiap jeda waktu 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit.

### 2. Biji kelor yang dikuliti

Untuk biji kelor yang dikuliti kita juga mengambil erlemnyer sebanyak 6 buah, pada erlemnyer pertama kita tidak menggunakan biji kelor hanya isi dengan menggunakan sampel limbah air sungai untuk erlemnyer kedua, ketiga, keempat, kelima dan keenam dimasukkan biji kelor sebanyak 2,4,6,8,10-gram kedalam erlemnyer untuk variasi waktu juga menggunakan waktu yang sama pada perlakuan biji kelor yang utuh yakni mengambil setiap jeda 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini limbah yang diambil berasal dari sungai tallo dan yang dijadikan sebagai adsorben adalah biji kelor, yang dimana biji kelor tersebut dua perlakuan yakni biji kelor yang dikuliti dan biji kelor yang tidak dikuliti yang selanjutnya dianalisis kandungan Pb untuk mengetahui pengaruh penambahan adsorben biji kelor. Setelah melakukan penelitian dengan membandingkan kekuatan menyerap kandungan logam Pb dengan menggunakan adsorben biji kelor yang dikuliti dan tidak dikuliti didapatkan hasil sebagai berikut: “Pada parameter awal limbah air sungai tallo sebelum dilakukan penambahan adsorben biji kelor didapatkan konsentrasi pb ialah 0,0204 seperti terlihat pada tabel di bawah:

Tabel 1. Data Konsentrasi Awal Pb pada Air Sungai Tallo

<b>Parmeter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Hasil</b>
Timbal (Pb)	Mg/L	0,0204

Adapun data setelah penjerapan dengan menggunakan biji kelor sebagai adsorben sebagai berikut:

Tabel 2. data konsentrasi Pb setelah penjerapan oleh adsorben bijikelor dikuliti

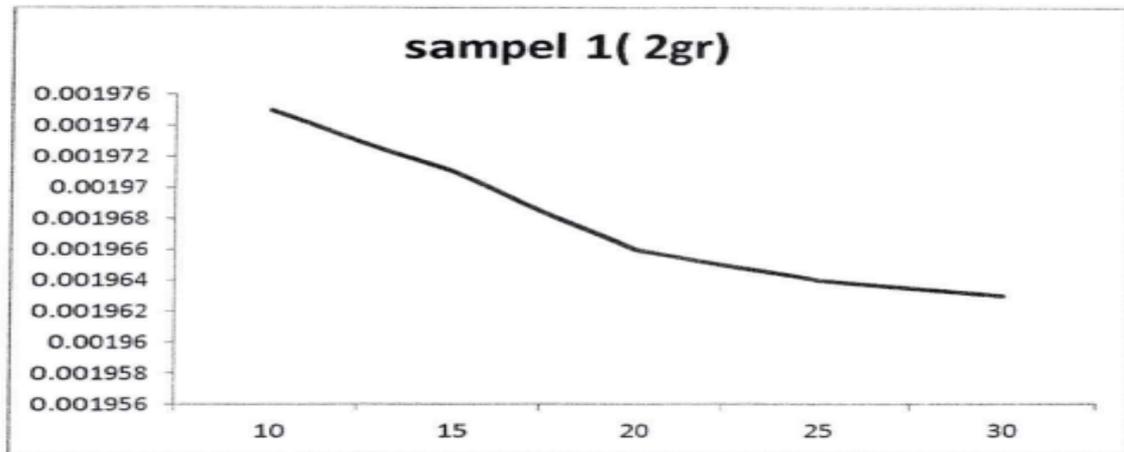
No	Sampel	Massa	10 Menit	15 Menit	20 Menit	25 Menit	30 Menit
1	S-1	2 gr	0,001975	0,001971	0,001966	0,001964	0,001963
2	S-2	4 gr	0,001961	0,001957	0,001953	0,001952	0,001951
3	S-3	6 gr	0,001949	0,001946	0,001943	0,001942	0,001941
4	S-4	8 gr	0,001938	0,001935	0,001932	0,001930	0,001929
5	S-5	10 gr	0,001926	0,001921	0,001919	0,001916	0,001916

Tabel 3. data konsentrasi Pb setelah penjerapan oleh adsorben biji kelor utuh (tidak dikuliti)

No	Sampel	Massa	10 Menit	15 Menit	20 Menit	25 Menit	30 Menit
6	S-6	2 gr	0,001998	0,001995	0,001993	0,001989	0,001989
7	S-7	4 gr	0,001988	0,001984	0,001980	0,001976	0,001975
8	S-8	6 gr	0,001973	0,001969	0,001965	0,001961	0,001960
9	S-9	8 gr	0,001958	0,001956	0,001951	0,001948	0,001948
10	S-10	10 gr	0,001940	0,001937	0,001935	0,001931	0,001930

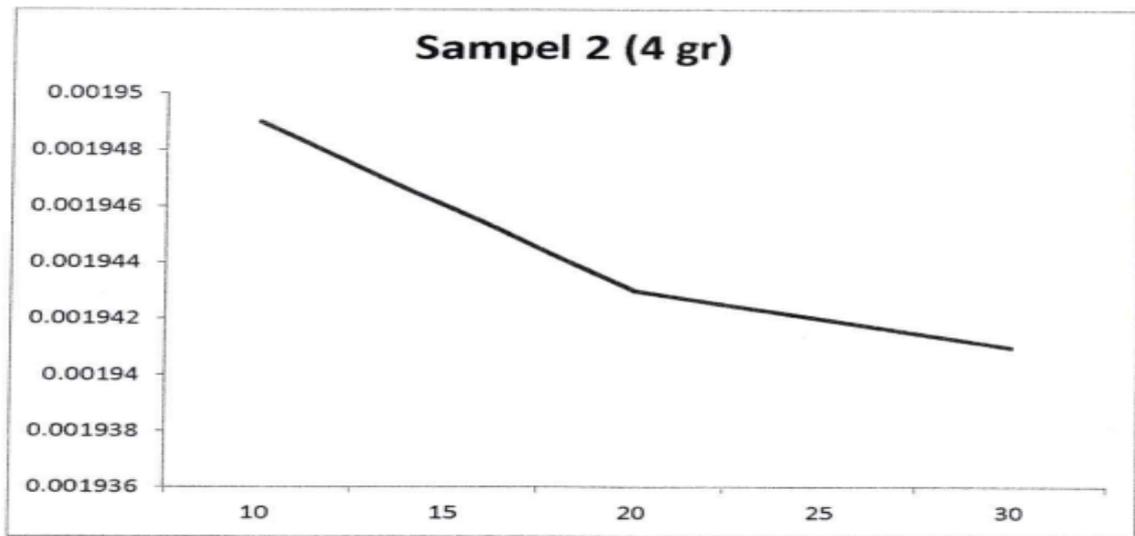
Pada dua tabel tersebut terlihat bahwa biji kelor sangat baik dipakai sebagai penjerap untuk menjerap logam Pb ini terbukti dari penurunan kadar konsentrasi Pb dari limbah air sungai yakni 0,0204mg/L. setelah ditambahkan dengan adoserben Pb dengan perlakuan berbeda pada kesepuluh sampel kadar konsentrasi Pb seluruhnya nya masing-masing dibawah <0,002mg/1. jauh lebih rendah pada konsentrasi awal limbah air sungai tallo.

### 3.1 Biji Kelor yang Dikuliti



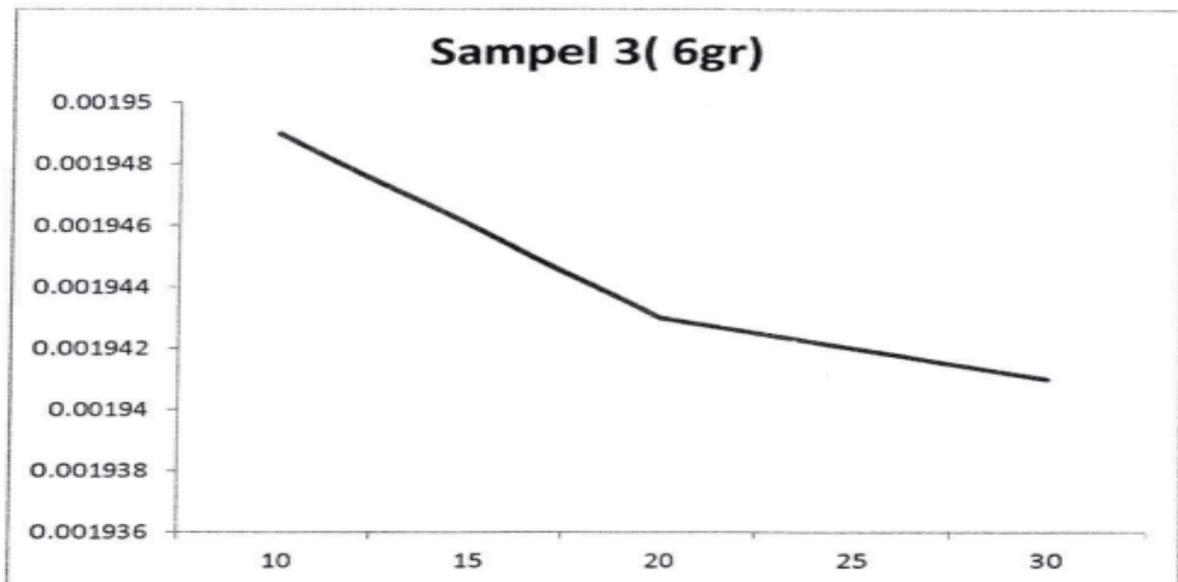
Grafik 1. pengaruh waktu terhadap konsentrasi Pb dengan adsorben biji kelor yang dikuliti pada sampel I

Pada grafik diatas terlihat pada biji kelor yang dikuliti pada menit awal pada 10 sampai 20 menit terjadi penurunan konsentrasi yang cukup jauh baru kemudian setelah menit 25 dan 30 konsentrasinya relatif normal, kesimpulannya semakin lama waktu maka semakin besar pula konsentrasinya hingga akhirnya konsentrasinya relative tetap. Karena variable waktu berbanding lurus dengan konsentrasi sehingga bisa ditarik kesimpulan semakin lama interval waktu maka semakin besar pula konsentrasinya, hingga akhirnya konsentrasinya relative tetap,



Grafik 2. pengaruh waktu terhadap konsentrasi Pb dengan adsorben biji kelor yang dikuliti sampel II

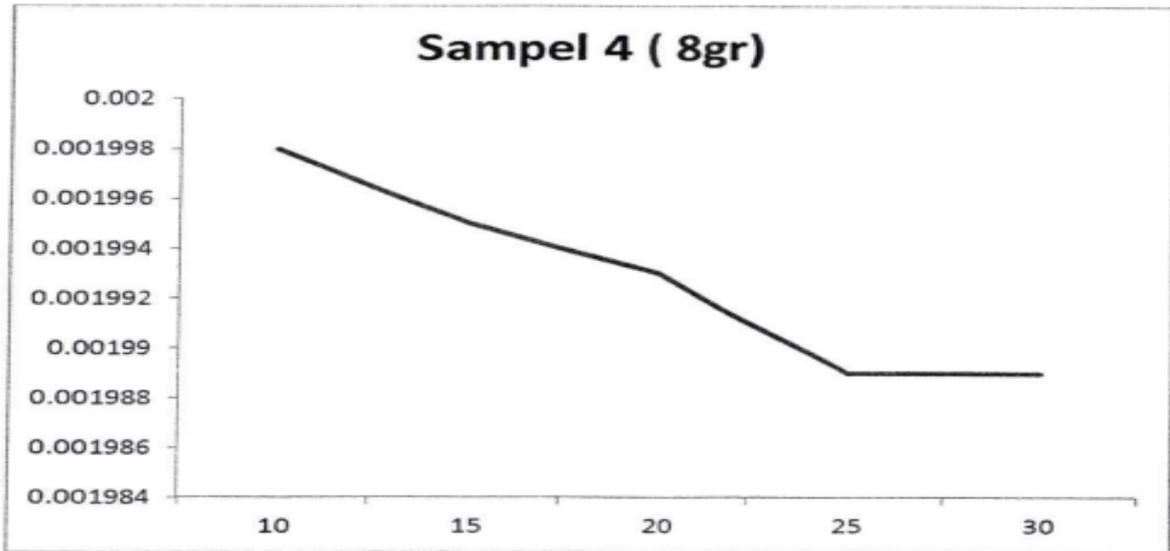
Pada grafik di atas pada percobaan dengan menggunakan biji kelor yang dikuliti pada menit 10 sampai 20 menit terjadi penurunan konsentrasi yang cukup jauh hal ini dikarenakan sampel 4 gr ini luas permukaannya lebih besar dibandingkan sampel pertama yang mempengaruhi proses adsorpsi sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi yang cukup jauh lalu kemudian setelahnya konsentrasinya relatif tetap, dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu maka konsentrasi Pb juga akan semakin menurun lalu kemudian relatif tetap atau tidak mengalami penurunan konsentrasi yang cukup jauh.



Grafik 3. Pengaruh waktu terhadap konsentrasi Pb dengan adsorben biji kelor yang dikuliti pada sampel III

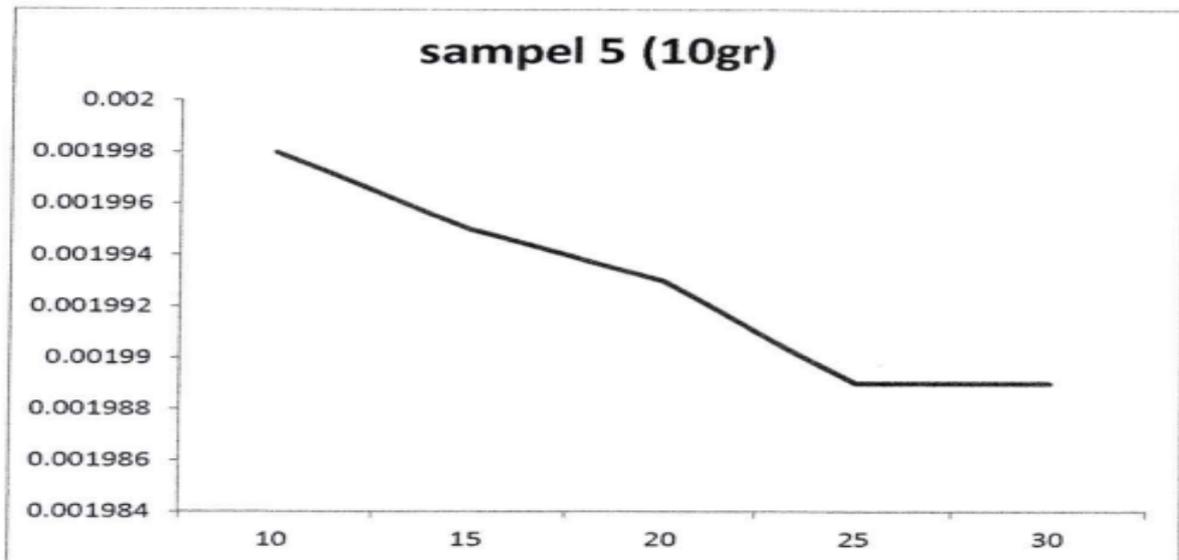
Pada grafik diatas terlihat pada biji kelor yang dikuliti pada massa adsorben 6-gram pada 10 menit awal sampai 20 menit konsentrasinya turun cukup jauh hal ini dikarenakan sampel 6 gr

ini luas permukaan adsorbennya lebih besar dibandingkan sampel pertama yang mempengaruhi proses adsorpsi sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi yang cukup jauh, lalu setelah itu pada 20 dan 30 menit konsentrasinya hampir sama, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin lama waktu maka konsentrasi Pb juga akan semakin menurun lalu kemudian konsentrasinya relatif tetap



Grafik 4. Pengaruh waktu terhadap konsentrasi Pb dengan adsorben biji kelor yang dikuliti pada sampel IV

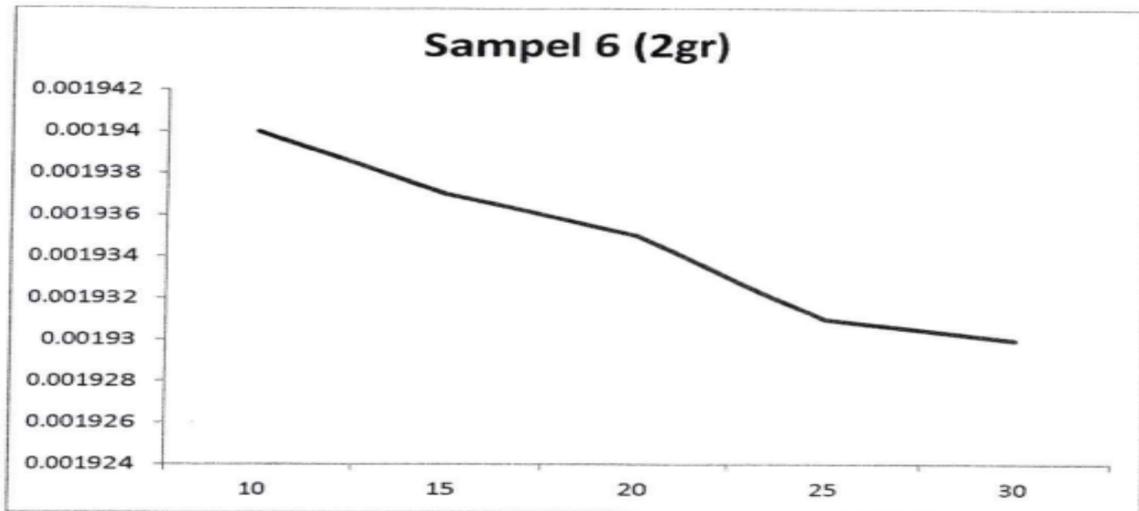
Pada grafik diatas terlihat konsentrasi Pb yang turun agak signifikan pada menit 10 sampai 20 menit lalu setelah itu pada menit 25 dan 30 penurunan Pb tidak terlalu besar, dari grafik tersebut dapat disimpulkan, bahwa semakin lama waktu maka semakin menurun pula konsentrasi Pb lalu kemudian konsentrasinya relatif tetap.



Grafik 5. Pengaruh waktu terhadap konsentrasi Pb dengan adsorben biji kelor yang dikuliti pada sampel V

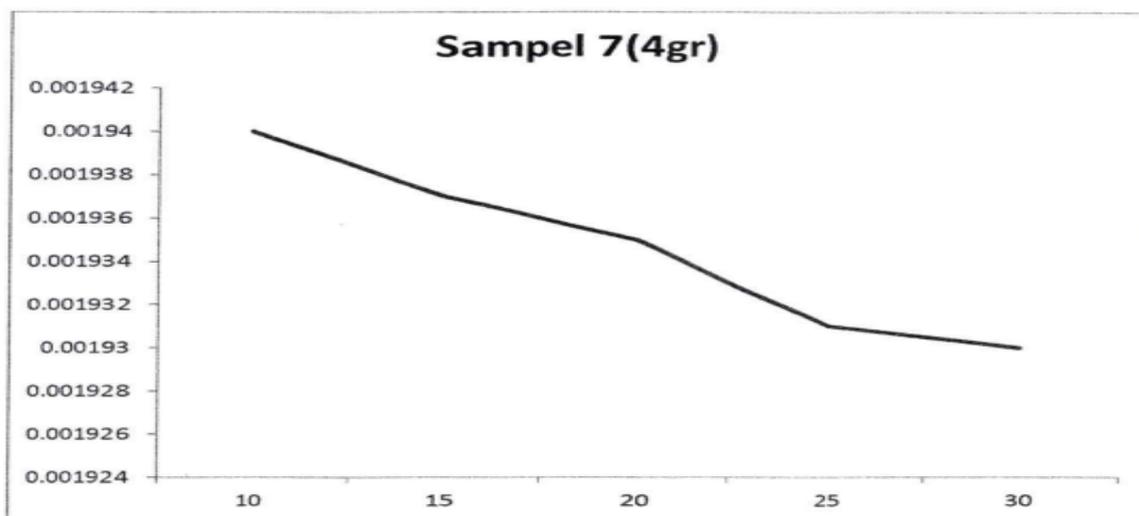
Pada grafik di atas pada biji kelor yang dikuliti terlihat bahwa pada 10 menit sampai 25 menit konsentrasi Pb mengalami penurunan akan tetapi, pada menit ke 25 dan menit 30 konsentrasi Pb relatif tetap, dikarenakan kemampuan adsorben untuk menjerap logam Pb sudah maksimal, yang menyebabkan tingkat konsentrasi logam Pb cenderung relative tetap sehingga dapat disimpulkan semakin lama waktu maka konsentrasi Pb akan semakin berkurang hingga konsentrasi nya relatif tetap.

### 3.2 Biji Kelor Tidak Dikuliti (Utub)



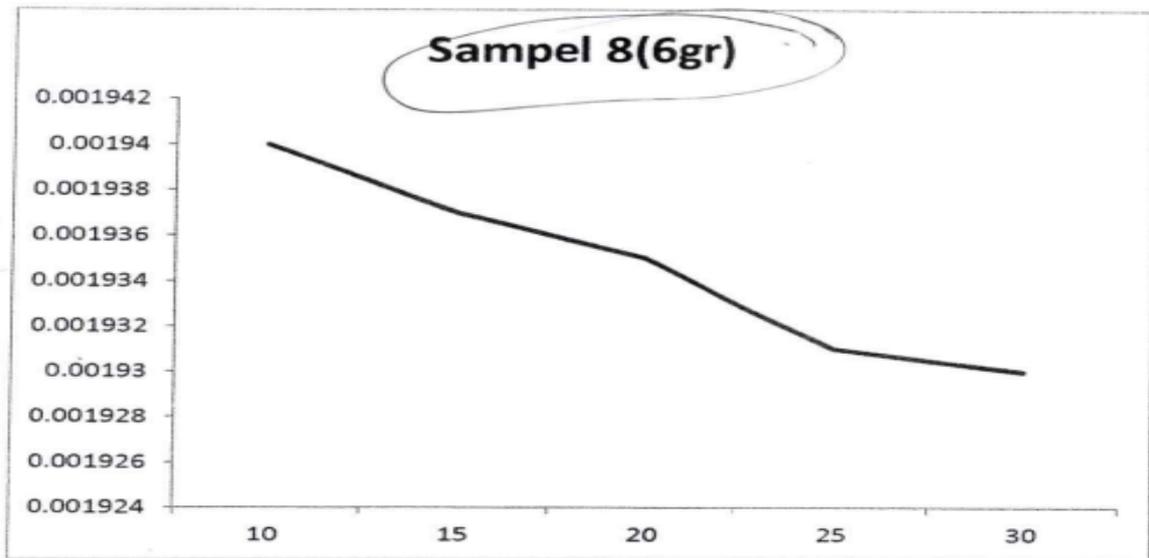
Grafik 6. Pengaruh waktu terhadap konsentrasi Pb dengan adsorben biji kelor yang dikuliti pada sampel VI

Pada grafik diatas pada biji kelor yang tidak dikuliti (utuh), konsentrasi terus mengalami penurunan pada 10 menit sampai menit 25, lalu setelah itu konsentrasi tetap, sehingga dapat disimpulkan dari grafik diatas, semakin lama waktu maka konsentrasi Pb juga akan semakin kecil lalu kemudian relatif tetap.



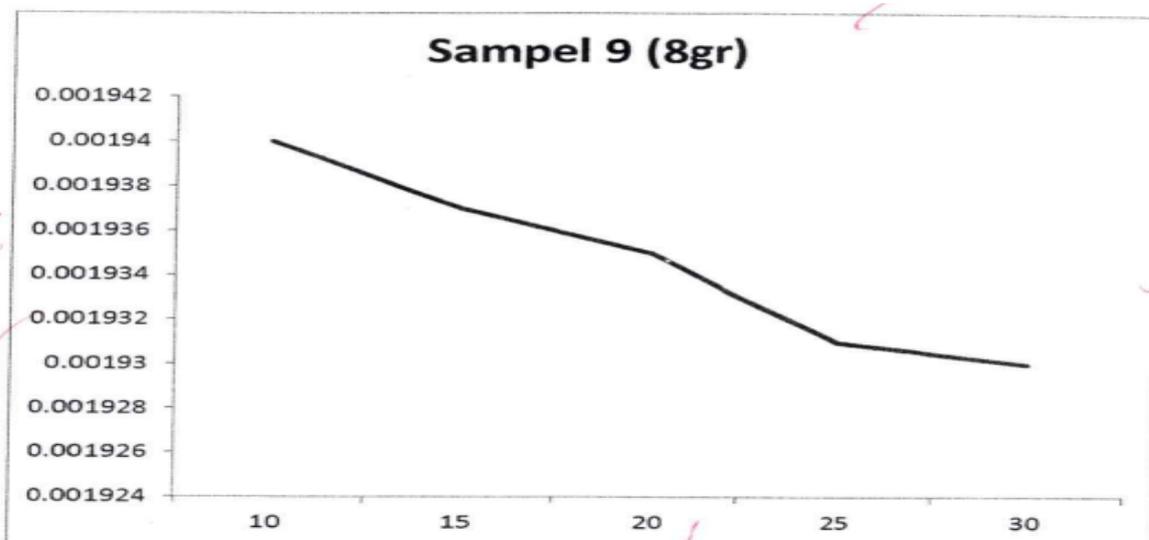
Grafik 7. Pengaruh waktu terhadap konsentrasi Pb dengan adsorben biji kelor yang dikuliti pada sampel VII

Pada grafik diatas terlihat penurunan konsentrasi pada 10 menit sampai 25 menit, setelah itu konsentrasi Pb relatif tetap jadi penambahan massa adsorben dan waktu berperan untuk menurunkan konsentrasi Pb, jadi semakin lama waktu maka konsentrasi Pb juga akan semakin berkurang hingga kemudian relatif tetap.



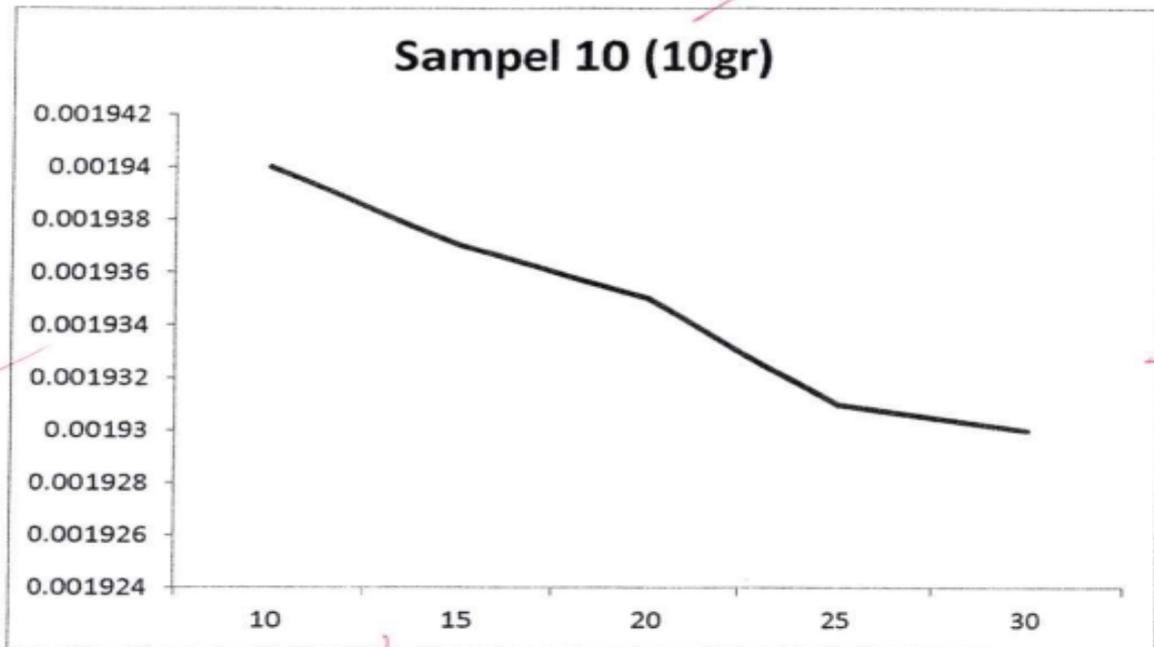
Grafik 8 Pengaruh waktu terhadap konsentrasi Pb dengan adsorben biji kelor yang dikuliti pada sampel VIII

Pada grafik diatas terlihat dengan penambahan massa Pb menjadi 6 gram, terlihat pada setiap selang waktu percobaan sampai 25 menit, konsentrasi Pb tersebut berkurang dan konsentrasi Pb tersebut lebih kecil dan sampel sampel 6 dan 7 karena pada sampel 8 ini kulit permukaan pada adsorben lebih luas dan lebih besar sehingga kemampuan untuk menjerap logam Pb pun menjadi semakin kuat. Jadi dapat disimpulkan penambahan adsorben dan waktu yang lebih lama sangat berpengaruh untuk menurunkan konsentrasi Pb.



Grafik 9 Pengaruh waktu terhadap konsentrasi Pb dengan adsorben biji kelor yang dikuliti pada sampel IX

Pada grafik diatas terlihat pada waktu 10 sampai 25 menit konsentrasi Pb mengalami penurunan kemudian setelah itu relatif tetap, sehingga dapat disimpulkan semakin lama waktu maka konsentrasi Pb juga akan semakin berkurang sampai kemudian konsentrasi Pb tersebut relatif tetap.



Grafik 10. Pengaruh waktu terhadap konsentrasi Pb dengan adsorben biji kelor yang dikuliti pada sampel X

Pada grafik diatas pada biji kelor utuh dengan menggunakan adsorben 10 gr pada setiap selang waktu terlihat adanya penurunan konsentrasi Pb sampai pada menit 30 konsentrasi Pb tersebut relatif tetap, sehingga dapat disimpulkan, semakin lama waktu maka konsentrasi Pb juga akan semakin menurun sampai kemudian relatif tetap

#### 4. Kesimpulan

Pada awal konsentrasi Pb pada air sungai tallo ialah sebesar 0,0204 mg/L tetapi setelah penambahan dengan menggunakan adsorben biji kelor konsentrasi Pb nya turun menjadi <0,002mg/L, hal ini berarti biji kelor sangat baik untuk menyerap logam Pb. Biji kelor yang dikuliti cenderung lebih kuat menyerap daripada biji kelor yang utuh. hal ini dikarenakan pada biji kelor yang dikuliti pori-pori adsorbennya lebih terbuka sehingga kemampuan untuk menyerap logam Pb semakin kuat, dan juga. Semakin lama waktu yg digunakan oleh adsorben untuk menyerap maka konsentrasi Pb pun semakin menurun sampai kemudian konsentrasi Pb tersebut relatif tetap. Semakin banyak atau semakin besar jumlah massa adsorben yang dipakai maka kemampuan untuk menyerap logam Pb juga semakin baik sehingga konsentrasi Pb menurun. Wama air sungai setelah ditambahkan dengan biji kelor yang dikuliti berwarna agak kekuningan, sedangkan warna air sungai setelah penambahan biji kelor berwarna keruh mendekati warna orange

### Daftar Pustaka

- Achmad, R. (2004). *Kimia Lingkungan*. Jakarta: Andi Ashar, MA.
- Atkins, P. W. (1999). *Kimia Fisika (diterjemahkan oleh: Kartahadiprojo Irma I), edisi ke-2*. Jakarta: Erlangga.
- Farid. (2007). *Desain Sistem Pengendalian Pencemaran Perairan Kota Makassar, Disertasi Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Palar, H. (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Darmono. (1995). *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.
- Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Ginting, S. B., Syukur, S. D., & Yulia, Y. (2017). *Kombinasi adsorben biji kelor-zeolit alam lampung untuk meningkatkan efektivitas penjerapan logam Pb dalam air secara kontinu pada kolom fixed bed adsorber*. Jurnal Rekayasa Proses, 11(1), 1–11.
- Hafiyah, S. (2013). *Kinetika Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Karbon Aktif Sekam Padi (Oriza sativa L.)*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin.
- Hidayat, S. (2009). *Pemberdayaan Masyarakat Bantaran Sungai Lematang dalam Menurunkan Kekeruhan Air dengan Biji Kelor (Moringa oleifera) sebagai Upaya Pengembangan Proses Penjernihan Air*. Program Pascasarjana, Universitas Negeri Malang. Program Studi Pendidikan Biologi; Mulok Perpustakaan UM.
- Malang., Z. (2008). *Efektivitas Biji Kelor (Moringa oleifera) dalam Mengurangi Kadar Kadmium (II)*. Malang.
- Palar, H. (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Putri, O. Z. (2015). "Pengaruh Variasi Dosis Tawas terhadap Penurunan Kadar Phosphate Air Limbah Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Surakarta". *Publikasi Ilmiah Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 1-15.
- Reilly, C. (1991). *Kontaminasi Logam Makanan Edisi Kedua*. London: Elsevier Science Publisher Ltd.
- Setyawan, 2. (2013). *Gambaran Mikroanatomi Pada Insang Ikan Sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat di Perairan Kaligarang Semarang Universitas Negeri Semarang*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Sri, R. (2010). *Pengaruh Massa Biji Kelor (Moringa oleifera Lamk) dan Waktu Pengendapan pada Pengolahan Air Gambut*. Fakultas Teknik Universitas Riau. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol. 9 No.2, 83.
- Sukarta, I. (2008). *Adsorpsi ion Cr. oleh sebuk gergaji kayu albizia (Albizia falcata): studi pengembangan bahan alternatif penyerap limbah logam berat*. Bogor: IPB Bogor.