

## ADSORPSI LOGAM Pb(II) MENGGUNAKAN ADSORBEN RUMPUT GAJAH TERAKTIVASI

R. W. R. Annisa, Hasri\*, dan D. E. Pratiwi

Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

\*Email: [hasriu@unm.ac.id](mailto:hasriu@unm.ac.id)

---

### ABSTRAK

Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) merupakan tanaman liar yang belum dimanfaatkan secara optimal. Rumput gajah mengandung selulosa yang cukup tinggi, dengan gugus hidroksil (OH-) dan karboksil (-COOH) yang memiliki kemampuan mengikat logam berat. Oleh karena itu rumput gajah berpeluang dijadikan adsorben untuk menyerap logam berat khususnya logam Pb(II) yang dapat mencemari lingkungan. Pada penelitian ini dilakukan penentuan pH dan waktu kontak optimum serta kapasitas adsorpsi Pb(II) menggunakan adsorben rumput gajah. Tahapan penelitian meliputi pembuatan adsorben rumput gajah, aktivasi adsorben dengan HNO<sub>3</sub>, penentuan pH optimum, waktu kontak optimum serta kapasitas adsorpsi logam Pb(II). Selanjutnya gugus fungsi adsorben pada saat sebelum dan setelah aktivasi ditentukan dengan FTIR. Hasilnya menunjukkan bahwa pH optimum adsorpsi logam Pb(II) adalah 7 dan daya adsorpsi sebesar 95,60%. Waktu kontak optimum yaitu 60 menit. Kapasitas adsorpsi logam Pb(II) dengan konsentrasi 10, 30, 50 dan 100 ppm berturut-turut adalah 2,00; 6,67; 10,28 dan 13,05 mg/g. Adsorpsi logam Pb(II) menggunakan adsorben rumput gajah teraktivasi mengikuti pola isoterm Langmuir, dengan nilai R<sup>2</sup> = 0,9632. Disimpulkan bahwa rumput gajah teraktivasi dapat digunakan sebagai adsorben logam Pb(II).

**Kata kunci:** rumput gajah, asam nitrat, adsorpsi, logam berat.

### ABSTRACT

Elephant grass (*Pennisetum purpureum*) is a wild plant that has not been utilized optimally. Elephant grass contains relatively high levels of cellulose, with hydroxyl (OH-) and carboxyl (-COOH) groups which can bind heavy metals. Therefore, elephant grass can be used as an adsorbent to absorb heavy metals, especially Pb(II) metal, which pollutes the environment. This research included preparing elephant grass adsorbent, activating the adsorbent with HNO<sub>3</sub>, and determining the optimum pH, contact time, and the adsorption capacity of Pb(II) metal. Furthermore, the functional groups of the adsorbent before and after activation were analyzed using FTIR. The results showed that the optimum pH for adsorbing Pb(II) metal was 7, and the adsorption capacity was 95.60%. The optimum contact time was 60 minutes. The adsorption capacity of Pb(II) metal with concentrations of 10, 30, 50, and 100 ppm was 2.00, 6.67, 10.28, and 13.05 mg/g, respectively. Adsorption of Pb(II) metal using activated elephant grass followed the Langmuir isotherm pattern, with an R<sup>2</sup> value of 0.9632. In conclusion, activated elephant grass can be utilized as an adsorbent for Pb(II) metal.

**Keywords:** elephant grass, nitric acid, adsorption, heavy metals.

### PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya aktivitas penggunaan logam berat dalam bidang industri menimbulkan pencemaran yang serius sehingga berpotensi merusak lingkungan (Sanadi *et al.*, 2018). Pb(II) merupakan satu dari banyaknya logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan.

Pb(II) merupakan logam berat yang mempunyai dampak berbahaya karena terakumulasi dalam tubuh sehingga akan bertahan seumur hidup dalam tubuh manusia. Keracunan berat oleh logam timbal

menyebabkan gejala yang berkaitan dengan kerusakan pada bagian otak seperti rasa lelah, sulit untuk istirahat, nyeri dan sakit pada kepala yang muncul setelah satu atau dua tahun terpapar oleh logam timbal tersebut (Hastuti *et al.*, 2018).

Metode untuk mengurangi logam berat diperairan telah banyak tersedia, antara lain metode pertukaran ion, presipitasi, penjerapan (adsorpsi). Metode adsorpsi sering dipilih dalam menurunkan kadar logam karena metode ini efektif dan ekonomis serta ramah lingkungan (Ugwu *et al.*, 2020)

Beberapa penelitian tentang adsorpsi Pb(II) seperti kulit rambutan sebagai adsorben logam timbal (Purwiandono dan Haidar, 2022). Kulit pisang kepok sebagai adsorben logam timbal (Putra *et al.*, 2019). Selain adsorben di atas, rumput gajah bisa menjadi bahan dasar adsorben karena terdapat kadar selulosa yang tinggi.

Rumput gajah mempunyai kandungan selulosa yaitu 37,82% (Kurnia, 2022). Pada selulosa terdapat gugus hidroksil dan karboksil yang akan melakukan interaksi dengan logam Pb sehingga terjadi pengikatan logam (Zein *et al.*, 2019). Asam yang digunakan dalam proses aktivasi akan menguraikan garam-garam mineral pada adsorben (Purwiandono dan Haidar, 2022). Sehingga penelitian tentang aktivasi rumput gajah untuk adsorpsi logam berat sangat penting untuk dilakukan.

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan yaitu padatan  $Pb(NO_3)_2$ ,  $(H_2O)$ ,  $HNO_3$ ,  $NaOH$ , kertas saring Whatman No.42 serta rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) yang didapatkan dari Desa Wanuwawaru, Kecamatan Libureng, Kabupaten Bone.

### Peralatan

Peralatan yang digunakan yaitu neraca analitik merk Cheetah FA2204B, pH meter merk DR Gray, peralatan gelas, *magnetic stirrer*, corong Buchner, ayakan 60 mesh, *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) varian Spektra AA 240, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) merk Thermo Fisher Scientific, oven UN 55 53L dan botol kaca gelap.

### Cara Kerja

#### *Pembuatan Adsorben Rumput Gajah Teraktivasi Asam Nitrat*

Rumput gajah yang telah bersih dan kering dihaluskan menggunakan blender dan diayak 60 mesh kemudian dilakukan pengeringan menggunakan oven pada temperatur  $105^{\circ}C$  dengan lama pengeringan yaitu 24 jam. Ditimbang sebanyak 80 g rumput gajah dan tambahkan dengan 800 mL  $HNO_3$  2 M. Kemudian dilakukan pengadukan pada campuran menggunakan magnetik stirrer selama 6 jam pada suhu ruang kemudian disaring. Dilakukan penetralan dengan cara membilas adsorben menggunakan akuades

hingga adsorben netral, kemudian dilakukan pengeringan selama 24 jam pada temperatur  $105^{\circ}C$  menggunakan oven.

#### *Penentuan pH Optimum Adsorpsi Logam Pb(II)*

0,5 g adsorben teraktivasi diinteraksikan dengan larutan logam Pb(II) sebanyak 25 mL pada konsentrasi 50 menggunakan variasi pH 3-9 kemudian diaduk dengan menggunakan shaker dengan lama pengadukan yaitu 60 menit. Kemudian dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring pada adsorben. Filtrat yang didapatkan dianalisis menggunakan Spektrofometer Serapan Atom (SSA).

#### *Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Logam Pb(II)*

0,1 g adsorben teraktivasi diinteraksikan dengan larutan logam Pb(II) sebanyak 25 mL pada konsentrasi 50 ppm menggunakan waktu yang bervariasi yaitu 10, 30, 60, 90 dan 120 menit, dimana pH larutan disesuaikan pada pH optimum. Kemudian dilakukan pengadukan dengan shaker. Filtrat diuji menggunakan Spektrofometer Serapan Atom (SSA).

#### *Penentuan Kapasitas Adsorpsi Logam Pb(II)*

25 mL logam Pb(II) pada konsentrasi yang bervariasi yaitu 10, 30, 50 dan 100 ppm yang telah dikondisikan dengan pH optimum diinteraksikan dengan adsorben rumput gajah teraktivasi sebanyak 0,1 gram dan dilakukan pengadukan dengan shaker pada kecepatan rotasi 150 rpm dengan waktu 60 menit. Selanjutnya disaring dan Filtrat diuji menggunakan Spektrofometer Serapan Atom (SSA).

#### *Penentuan Isoterm Adsorpsi*

Kapasitas adsorpsi dapat ditentukan menggunakan rumus berikut.

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{W} \times V \quad (1)$$

dimana  $Q_e$  merupakan kapasitas adsorpsi (mg/g),  $V$  yaitu volume pada larutan logam Pb(II) (L) dan  $m$  yaitu massa adsorben (g)

Isoterm adsorpsi jenis Langmuir dapat ditentukan dengan membuat grafik lalu memplotkan data  $C_e/q_e$  dan  $C_e$  sedangkan untuk model Freundlich data yang diplotkan adalah  $\log q_e$  dengan  $\log C_e$  sehingga diperoleh

konstanta regresi linear ( $R^2$ ) dan dipilih nilai yang paling mendekati angka 1.

Isoterm adsorpsi Langmuir dan dinyatakan sebagai:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{aK} + \frac{1}{a} C_e \quad (2)$$

sedangkan untuk model Freundlich dinyatakan dengan rumus:

$$\text{Log } q_e = \text{Log } k + 1/n \text{ Log } C_e \quad (3)$$

$Q_e$  yaitu adsorbat yang teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g),  $x$  yaitu massa bahan yang teradsorpsi (mg),  $a$  yaitu konsentrasi maksimum pada fase padat (mg/g),  $k$  yaitu tetapan kesetimbangan (L/mg) dan  $n$  merupakan konstanta empiris

## HASIL DAN PEMBAHASAN

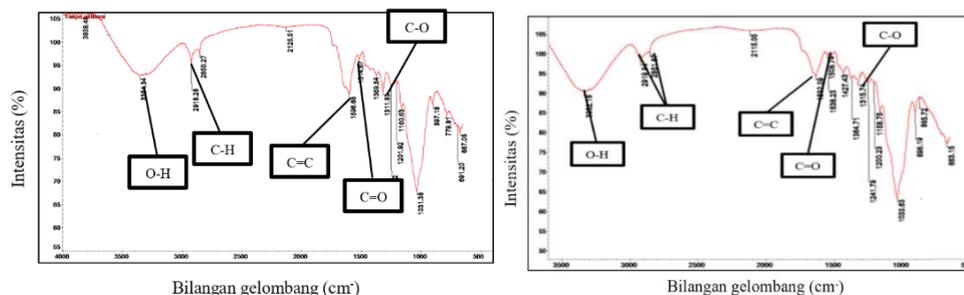
### Pembuatan Adsorben Rumput Gajah Teraktivasi $\text{HNO}_3$

Preparasi bahan baku serbuk rumput gajah diawali dengan menghaluskan rumput gajah menggunakan blender. Proses penghalusan ini dilakukan untuk menghasilkan serbuk rumput gajah. Dilakukan pengayakan pada serbuk yang telah halus menggunakan ayakan 60 mesh untuk memperoleh serbuk dengan ukuran yang seragam. Pembuatan adsorben rumput gajah teraktivasi  $\text{HNO}_3$  dilakukan dengan melarutkan serbuk rumput gajah dengan larutan  $\text{HNO}_3$ . Hasil preparasi ditunjukkan pada Gambar 1.

Adsorben kemudian di analisis menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi sebelum dan setelah dilakukannya aktivasi. Gambar 2 menunjukkan Hasil FTIR dari adsorben.



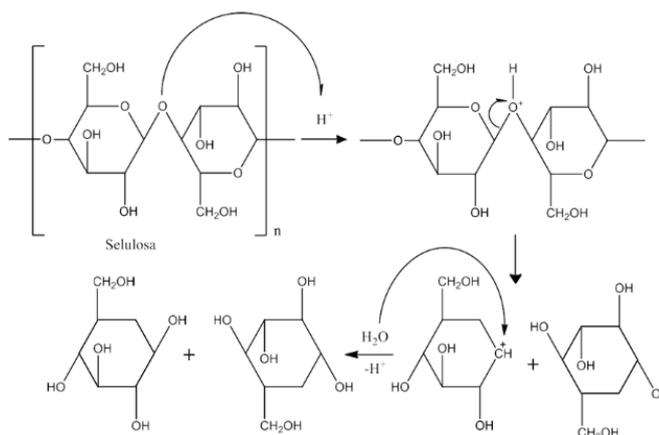
**Gambar 1.** Adsorben Rumput Gajah Tanpa Aktivasi (kiri) dan Adsorben Rumput Gajah Teraktivasi (kanan)



**Gambar 2.** Spektrum FTIR Adsorben Rumput Gajah Sebelum Aktivasi (kiri) dan Setelah Aktivasi (kanan)

**Tabel 1.** Analisis Serapan Spektrum FTIR

No.	Gugus Fungsi	Frekuensi	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	
			Adsorben rumput gajah sebelum aktivasi	Adsorben rumput gajah teraktivasi $\text{HNO}_3$
1	O-H	3200 - 3600	3354,34	3332,18
2	C-H	2850 - 2970	2918,28	2919,24
3	C-O	1050 - 1300	1311,83	1315,74
4	C=C	1610 - 1680	1596,68	1632,09
5	C=O	1530 - 1560	1514,67	1536,23



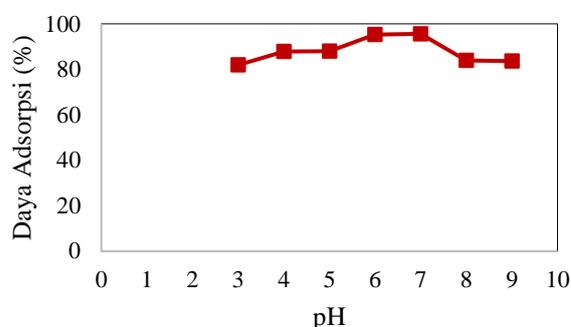
**Gambar 3.** Reaksi Hidrolisis Asam Pada Selulosa (Fengel dan Wegener, 1995)

Gambar 3 menunjukkan reaksi hidrolisis asam pada selulosa, di mana terjadi proses hidrolisis pada aktivasi dengan menggunakan larutan asam. Monomer selulosa yang dihasilkan berupa molekul glukosa dari reaksi hidrolisis kemudian terjadi pelepas molekul air dengan bantuan aktivator atau katalisator menggunakan larutan asam untuk mempercepat reaksi.

#### Penentuan pH Optimum Logam Pb(II)

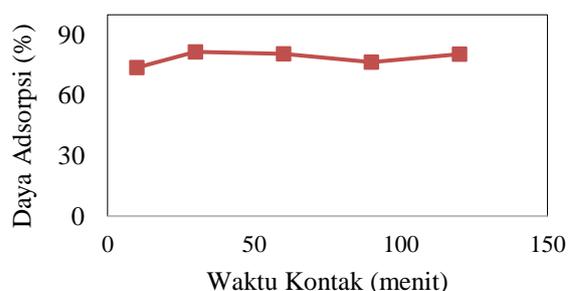
Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui pH pada penyerapan logam Pb(II) oleh adsorben rumput gajah teraktivasi. Proses adsorpsi menggunakan variasi pH yang berbeda yaitu pH 3-9. Hasil penelitian menunjukkan logam Pb(II) terserap secara maksimal oleh adsorben rumput gajah teraktivasi asam nitrat pada kondisi optimum yaitu pH 7 dan daya adsorpsi sebesar 95,60%.

Kondisi pH sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Adsorpsi pada pH yang rendah membuat logam Pb(II) yang diserap sedikit karena ion  $H^+$  mengelilingi permukaan adsorben sehingga ion  $H^+$  dan logam Pb(II) akan bersaing untuk berikatan dengan gugus aktif yang berperan dalam penyerapan logam pada adsorben. Rendahnya adsorpsi terhadap logam Pb(II) disebabkan oleh tolak-menolak yang terjadi pada permukaan adsorben pada suasana asam. Adsorpsi logam Pb(II) yang rendah juga terjadi ketika pH diatas pH optimum disebabkan adanya  $Pb(OH)_2$  yang berasal dari logam Pb(II) yang mengendap (Naat, 2022). Kurva hubungan antara pH dengan konsentrasi logam Pb(II) terdapat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Kurva Hubungan antara pH dan Konsentrasi terhadap Logam Pb(II)  
**Penentuan Waktu Kontak Optimum Logam Pb(II)**

Waktu kontak optimum dilakukan untuk menentukan waktu yang diperlukan adsorben rumput gajah teraktivasi asam nitrat untuk mengadsorpsi logam Pb(II) secara optimum. Waktu kontak yang digunakan bervariasi yaitu 10, 30, 60, 90 dan 120 menit pada pH optimum. Kurva Hubungan Waktu Kontak dengan Daya Adsorpsi terhadap Logam Pb(II) menggunakan adsorben rumput gajah teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Kurva Hubungan antara Waktu Kontak dengan Daya Adsorpsi Logam Pb(II)

Berdasarkan Gambar 5. menunjukkan adsorben rumput gajah teraktivasi memiliki daya adsorpsi paling optimal pada waktu 60 menit dengan daya adsorpsi rata-rata 80,54%. Waktu 60 menit digunakan sebagai waktu optimum dikarenakan di antara waktu 30 dan 60 menit tidak terjadi perubahan daya adsorpsi yang signifikan. Hasil optimasi waktu kontak terjadi penurunan daya adsorpsi pada waktu kontak 90 menit yang artinya adsorben pada menit ke 90 sudah mulai mencapai titik jenuhnya. Jenuhnya adsorben disebabkan karena jumlah logam serta adsorben yang sudah mencapai kesetimbangan, Sehingga dipilih waktu optimum Pb(II) adalah sebesar 60 menit (Fajar, 2019).

### Penentuan Kapasitas Adsorpsi terhadap Logam Pb(II)

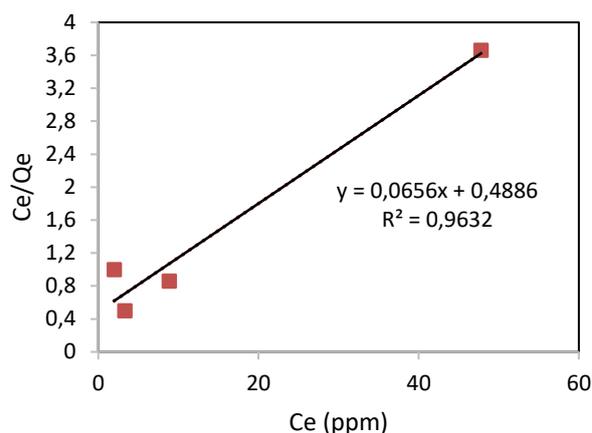
Kapasitas adsorpsi adalah banyaknya ion logam atau adsorbat yang diadsorpsi oleh suatu adsorben (Anita *et al.*, 2020). Banyak faktor yang mempengaruhi proses penyerapan pada adsorben, diantaranya pH, temperatur, jenis zat yang diserap, jenis adsorben yang digunakan, luas permukaan pada adsorben dan konsentrasi zat yang diserap. Hubungan antara daya serap dan konsentrasi pada larutan dapat diketahui dengan menggunakan grafik dengan cara memasukkan hasil pengukuran yang didapatkan kedalam grafik persamaan Freundlich dan Langmuir sehingga kapasitas adsorpsi dan pola isotherm yang sesuai dapat ditentukan (Saputri, 2020). Tabel 2 menyajikan data yang digunakan dalam penentuan isotherm adsorpsi yang sesuai untuk adsorben rumput gajah.

**Tabel 2.** Data Penentuan Isotherm Adsorpsi Logam Pb(II) pada Adsorben Rumput Gajah

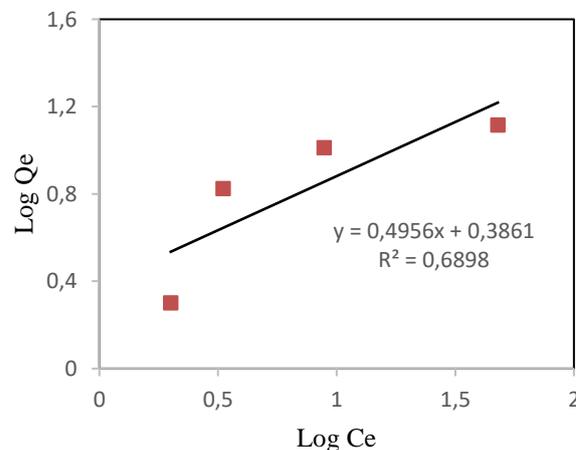
Co (ppm)	Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Ce/Qe	Log Ce	Log Qe
10	2,00	2,00	1,000	0,301	0,301
30	3,32	6,67	0,498	0,521	0,824
50	8,86	10,28	0,861	0,947	1,012
100	47,78	13,05	3,661	1,679	1,116

Berdasarkan Tabel 2, menunjukkan hasil adsorpsi logam Pb(II) berbanding lurus dengan konsentrasi pada larutan. Adsorpsi logam Pb(II) semakin meningkat dikarenakan konsentrasi awal larutan semakin tinggi, karena semakin tinggi konsentrasi larutan maka logam Pb(II) yang mengelilingi permukaan adsorben

semakin meningkat sehingga semakin banyak logam yang melakukan interaksi dengan adsorben. Proses adsorpsi dengan menggunakan isotherm Langmuir dengan memplotkan data  $C_e/Q_e$  terhadap  $C_e$ . Sementara, proses adsorpsi menggunakan isotherm Freundlich dilakukan menggunakan data dari  $\log Q_e$  terhadap  $\log C_e$  sehingga dapat diperoleh konstanta regresi linear ( $R^2$ ). Berdasarkan data pada tabel tersebut, sehingga dibuat grafik dengan memplotkan data yang tersedia untuk adsorben dalam bentuk grafik.



**Gambar 6.** Grafik Isotherm Adsorpsi Langmuir Logam Pb(II)



**Gambar 7.** Grafik Isotherm Adsorpsi Freundlich Logam Pb(II)

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat konstanta regresi pola Langmuir yaitu 0,9632 dan pada gambar 7 dapat dilihat bahwa konstanta regresi pola Freundlich yaitu 0,6898. Ini berarti adsorpsi logam Pb(II) lebih mengikuti pola isotherm adsorpsi model Langmuir daripada model Freundlich. Pola

isoterm adsorpsi Langmuir menunjukkan bahwa banyaknya ion logam atau adsorbat yang diadsorpsi oleh suatu adsorben terjadi secara maksimal karena pada permukaan adsorben terdapat lapisan adsorpsi tunggal (monolayer), dan satu molekul adsorbat hanya dapat diserap oleh satu situs aktif (Fajar, 2019).

### SIMPULAN

Nilai pH optimum adsorpsi logam Pb(II) tercapai pada pH 7 dengan waktu kontak 90 menit. Kapasitas adsorpsi menggunakan adsorben rumput gajah teraktivasi asam nitrat mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) adalah 0,9632.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anita Zaharah, T., & Sapar, A. 2020. Kapasitas Adsorpsi Biomassa Paku Air (*Lemna minor* Linn) Teresterifikasi Oleh Asam Sitrat Terhadap Mangan (II). *Al-Kimia*. (8)2: 177–188.
- Hastuti, P., Sunarti, S., Prasetyastuti, P., Ngadikun, N., Tasmini, T., Rubi, D. S., Sutarni, S., Harahap, I. K., Dananjoyo, K., Suhartini, S., Pidada, I. B. Gd. S. P., Widagdo, H., & Suciningtyas, M. 2018. Hubungan timbal dan krom pada pemakaian pewarna batik dengan kadar hemoglobin dan jumlah sel darah pada pengrajin batik Kecamatan Lendah Kulon Progo. *Journal of Community Empowerment for Health*. 1(1): 28-35.
- Hendro Sanadi, T., Schaduw, J. N., Tilaar, S. O., Mantiri, D., Bara, R., Pelle, W. 2018. Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Pada Akar Mangrove Di Desa Bahowo Dan Desa Talawaan Bajo Kecamatan. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 6(2): 9-18.
- Fajar, M. Adsorpsi Ion Logam Berat Cd, Cu, dan Pb Menggunakan Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea*. L). *Skripsi*. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Fengel, D., dan Wegener G., 1995. *Kayu: Kimia, Ultra Struktur dan Reaksi-Reaksi*. Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Naat, J. N. 2022. Adsorpsi Ion Pb(II) Menggunakan Silika Berbasis Pasir Alam Takari-NTT. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*. 8(3): 266–279.
- Purwiandono, G., & Haidar, A. S. 2022. *Studi Adsorpsi Logam Pb(II) Menggunakan Adsorben Kulit Rambut Teraktivasi HNO<sub>3</sub> dan NaOH*. *Indonesian Journal of Chemical Research (IJCR)*. 7(1): 8-16.
- Putra, I. P. K. A., Narwati, N., Hermiyanti, P., & Trisyanti, H. 2019. Bioadsorben Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* L.) Dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Pada Larutan Pb. *Jurnal Penelitian Kesehatan "SUARA FORIKES"(Journal of Health Research" Forikes Voice")*. 10(1): 1-7.
- Saputri, C. A. 2020. Kapasitas Adsorpsi Serbuk Nata De Coco (Bacterial Sellulose) Terhadap Ion Pb<sup>2+</sup> Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Kimia*. 14(1): 71-76.
- Kurnia, N. 2021. Produksi Bioetanol dari Daun Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) dengan Metode Simultaneous Saccharification and Fermentatio (SSF) menggunakan Bakteri *Clostridium acetobutylicum*. *Skripsi*. Departemen Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar 2021.
- Ugwu, E. I., Tursunov, O., Kodirov, D., Shaker, L. M., Al-Amiery, A. A., Yangibaeva, I., & Shavkarov, F. 2020. Adsorption mechanisms for heavy metal removal using low cost adsorbents: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 614(1).
- Zein, R., Nofita, D., Refilda, R., & Aziz, H. 2019. Penyerapan Timbal(II) dan Cadmium(II) di dalam Larutan Menggunakan Limbah Kulit Buah Kapuk. *Chimica et Natura Acta*. 7(1): 37-45.12