

BIOADSORBEN SALINITAS SEDERHANA BERBASIS LIMBAH LINGKUNGAN

SIMPLE BIOADSORBENT TOWARD SALINITY BASED ON ENVIRONMENTAL WASTE

Eka Junaidi*, Jeckson Siahaan, dan Aliefman Hakim

Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

Email: xjuned@yahoo.com

Diterima: 13 Januari 2020. Disetujui: 20 Januari. Dipublikasikan: 2 Maret 2020

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi serta rekomendasi ilmiah upaya mengurangi kadar NaCl pada air laut yang berpotensi menjadi air layak minum secara sederhana, berbiaya murah dengan memanfaatkan limbah sekitar tempat tinggal (Batang Pisang, Enceng Gondok dan Abu Gosok). Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium. Untuk menentukan kadar NaCl sebelum dan sesudah dilewatkan adsorben dapat dilakukan menggunakan teknik analisa argentometri. Teknik analisa argentometri tergolong mudah dilakukan, tidak membutuhkan waktu yang lama dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Penelitian ini menggunakan material limbah sebagai adsorben dengan berat total sebanyak 20 gram dengan berbagai variasi komposisi. Konsentrasi NaCl yang digunakan sebagai larutan yang dilewatkan sebesar 0,1 M, bervolume 150 mL dengan waktu perendaman sekitar 10 menit. Setelah perendaman selesai, larutan NaCl diambil sebanyak 20 mL, dilanjutkan dengan proses titrasi dengan dua kali pengulangan untuk dianalisis konsentrasi NaCl yang tertinggal pada adsorben. Berdasarkan hasil eksperimen diperoleh komposisi adsorben paling optimal mengurangi kadar NaCl adalah Batang Pisang 5 gram, Enceng Gondok 5 gram dan Abu Gosok 10 gram. Pada komposisi tersebut kemampuan adsorben mengadsorpsi NaCl rata – rata sebesar 0,08525 M atau NaCl yang teradsorpsi sebesar 85,25%. Sedangkan untuk uji coba menggunakan sampel air laut (Pantai Gading Lombok) digunakan komposisi adsorben paling optimal mengurangi kadar NaCl dan diperoleh kemampuan adsorben mengadsorpsi sebesar 56,36%.

Kata Kunci: Batang Pisang, Enceng Gondok, Abu Sekam, Adsorben, Limbah, Argentometri, Salinitas

Abstract: The goals of this research are to provide scientific information and recommendation in reducing concentration of NaCl in sea water, so the water itself can be used as household daily needs and drinking water in a simple way such low budget by using of banana trunks, enceng gondok, and ash straw wastes from surrounding. This work is a laboratory experimental research. To determine the content of NaCl in sea water before and after passes through the adsorbent, it can be conducted by applying of argentometry analisis method. This method is easy to be conducted, just need short time period with high enough degree of accuracy. This research used 20 gr of mixing of waste materials as adsorbent in various composition. A 150 mL of NaCl solution 0.1 M is passed through adsorbent in 10 minutes soaking time. After soaking time, a 20 mL of NaCl solution is taken and then is titrated in order to analyse the concentration of NaCl that is stayed in adsorbent. This titration is conducted in two replicates. Based on the results of experiment, the optimal reduction of NaCl content is found in composition of adsorbent such as banana trunks 5 gr, enceng gondok 5 gr, and ash straw 10 gr. In such composition, the capability of adsorbent to adsorb NaCl in average is 0.08525 M or NaCl adsorbed as 85.25%. At the meanwhile, for test driven by using sea water sample from Gading Beach, Lombok, Indonesia by applying the optimal composition of adsorbent to reduce NaCl content and it is found that the capability of adsorbent to adsorb is 56.36%.

Key words: Banana trunks, enceng gondok, ash straw, adsorbent, wastes, argentometry, salinity

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan mendasar bagi tubuh. Sekitar 50–70% tubuh manusia tersusun atas air. Ketika cairan yang ada dalam tubuh berkurang (terjadi dehidrasi), maka upaya tubuh menyeimbangkan kadar air dalam tubuh dengan cara mengambil sumber air lain yang ada dalam komponen tubuh sendiri, akibatnya kinerja organ tubuh yang lain juga akan terganggu. Meskipun wilayah bumi Indonesia tiga perempat dari

permukaannya ditutupi dengan air kenyataannya 98% air tersebut adalah air asin dan hanya sekitar 1% saja permukaan air di bumi yang bisa dinikmati oleh warganya. Salah satu daerah yang paling rentan dengan ketersediaan air minum adalah daerah pesisir [1]. Kerentanan pemenuhan air minum tersebut bisa disebabkan oleh kondisi geografis wilayahnya sehingga susah dijangkau atau karena air yang ada di sekeliling wilayah tersebut merupakan air asin yang tidak bisa langsung diminum. Oleh karena itu

sebagai salah satu upaya mengatasi pemenuhan kebutuhan air minum daerah pesisir bagi masyarakat dengan penghasilan rendah adalah penggunaan teknologi pengolahan air yang berbiaya murah, cara pengolahan sederhana serta memanfaatkan material pengolahan (adsorben) yang murah (dapat ditemukan di daerah sekitar tempat tinggal atau memanfaatkan limbah sekitar tempat tinggal), misalnya pemanfaatan limbah batang pisang, enceng gondok dan abu gosok [30].

Batang pisang adalah limbah yang banyak dijumpai di daerah sekitar rumah tempat tinggal. Pada tahun 2016, jumlah produksi pisang di wilayah Nusa Tenggara Barat mencapai 75.509 Ton [2]. Sehabis pisang dipanen, umumnya batang pisang akan menjadi limbah karena tidak banyak masyarakat yang memanfaatkan (kalaupun ada yang memanfaatkan hanya untuk keperluan kecil misalnya sebagai bahan makanan ternak, atau untuk dikonsumsi misalnya di daerah lombok, batang pisang dijadikan bahan makanan ares). Secara umum komposisi kimia batang pisang terdiri atas holoselulosa 60,1-65,2%, selulosa 34,5-40,2% dan lignin 12 -12,7% [3], komposisi kimia batang pisang terdiri atas holoselulosa 72,7%, selulosa 39,12% dan lignin 8,88% [4]. Sedangkan kemampuan batang pisang sebagai adsorben telah banyak dilaporkan terutama untuk adsorpsi logam berat diantaranya logam Cu [5], ion Cr^{+6} [6], [7], Logam Fe [8], selain itu batang pisang juga dapat dimanfaatkan untuk menurunkan tingkat kesadahan air dan fosfat [9][10].

Demikian pula dengan enceng gondok. Tumbuhan ini memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga sering dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Secara umum komposisi kimianya terdiri atas hemiselulosa 35%, selulosa 25%, lignin 10%, ash 20% dan Nitrogen 3% [11][12]. Untuk kemampuannya sebagai adsorben, enceng gondok telah banyak dilaporkan diantaranya sebagai *oil* adsorbant, fosfor, logam Cd [13][14][15]. *Methylene blue*, ion Cu^{2+} dan ion Zn^{2+} , logam Pb, logam Fe, adsorpsi warna minyak sawit mentah, penyerap warna pada limbah industri tekstil, fenol [16][17][18][19][20][10][15][21].

Material lain yang sering juga dijumpai adalah abu gosok. Abu gosok merupakan salah satu limbah pembakaran atau abu dari tumbuhan yang biasanya berasal dari sekam padi, sisa pembakaran industri batu bata dan sebagainya. Abu gosok memiliki komposisi kimia SiO_2 53,09%, Al_2O_3 24,80%, Fe_2O_3 8,01% [22]. Kemampuan abu gosok sebagai adsorben telah banyak diteliti, misalnya penurunan kadar *congo red* [23], penghilangan HCN pada umbi Gadung [24], ion Cr^{+6} [25], penyerap ion Cd dan ion Cr [26], penurunan zat warna limbah cair industri, logam Pb [27][28].

Berdasarkan informasi hasil eksperimen

yang diungkapkan di atas, peluang pemanfaatan limbah sebagai adsorben sangat besar berdasarkan kemampuan adsorpsi material yang dimaksud, meskipun pelaporan tentang Pemanfaatan Limbah Batang Pisang, Enceng Gondok dan Abu Gosok secara simultan Sebagai Adsorben Salinitas Sederhana masih belum banyak dilaporkan. Dengan demikian peluang untuk mengupayakan pemenuhan kebutuhan air minum dari bahan baku air laut menggunakan adsorben limbah (batang pisang, enceng gondok dan abu gosok) akan sangat memungkinkan untuk dilakukan, dengan metode pengolahan yang sederhana dan berbiaya murah.

METODE PENELITIAN

Preparasi Adsorben

Batang Pisang dan Enceng Gondok yang sudah dibersihkan diangin-anginkan hingga kering, kemudian dihaluskan secara terpisah hingga ukuran partikelnya merata. Kemudian semua bahan material adsorben ditimbang sesuai dengan komposisi yang diinginkan dan digabungkan dengan total adsorben yang akan dipakai sebanyak 20 gram.

Proses Perendaman

Pada tahap ini Adsorben direndam dalam wadah kolom dengan waktu perendaman selama 10 menit menggunakan larutan standar NaCl 0,1M sebanyak 150 mL (larutan NaCl terlebih dahulu distandarisasi menggunakan Larutan $AgNO_3$). Setelah perendaman selesai kemudian air rendaman diambil sebanyak 20 mL untuk dilakukan titrasi menggunakan larutan $AgNO_3$. Titrasi dilakukan sebanyak 2 kali untuk mendapatkan hasil rata-rata.

Penentuan Kadar NaCl yang Tertinggal pada Adsorben

Dengan metode titrasi Argentometri dapat diketahui konsentrasi NaCl yang tertahan di adsorben melalui pengurangan konsentrasi NaCl yang dipergunakan sebelum dilewatkan adsorben terhadap konsentrasi NaCl setelah dilewatkan adsorben. Hasil pengurangan tersebut dianggap sebagai jumlah konsentrasi NaCl yang tertinggal pada adsorben. Sedangkan untuk sampel air laut, penentuan kadar NaCl yang tertahan digunakan komposisi adsorben paling optimal yang mampu mengurangi NaCl dari jumlah sebelum dilewatkan adsorben.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil eksperimen laboratorium diperoleh bahwa kadar NaCl paling tinggi tertahan menggunakan adsorben Abu Gosok (untuk penggunaan satu jenis adsorben) dengan kadar NaCl yang tertahan sebesar 0,8375 M atau 83,75%. Berdasarkan data hasil eksperimen yang ditunjukkan pada tabel.1 tersebut sekaligus juga membuktikan

bahwa kemampuan Abu Gosok (abu sekam) sangat efektif digunakan sebagai adsorben untuk logam-logam berat, penyerapan logam Pb oleh abu gosok yang diaktifasi menggunakan HCl, dapat mencapai 99% dengan ukuran adsorben 80 mesh [28].

Sedangkan pada tabel.2 dan tabel.3 dapat ditunjukkan bahwa penggunaan gabungan dua jenis adsorben diperoleh informasi kadar NaCl yang tertahan paling tinggi menggunakan gabungan Abu Gosok (10 gram) dan Enceng gondok (10 gram) dengan kadar NaCl yang tertahan sebesar 0,80 M atau sebesar 80%. Sedangkan jika menggunakan gabungan tiga jenis adsorben, kadar NaCl paling tinggi tertahan menggunakan adsorben dengan komposisi 10 gram Abu Gosok, 5 gram Batang Pisang dan 5 gram Enceng Gondok dengan kemampuan menahan kadar NaCl sebesar 0,8525 M atau sebesar 85,25%.

Fakta ini juga sekaligus menunjukkan bahwa ketiga adsorben tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam menahan kadar NaCl. Komposisi ini yang kemudian disimpulkan sebagai komposisi adsorben paling optimal yang mampu menahan NaCl paling tinggi. Sesudah dilakukan optimasi komposisi adsorben yang paling baik menahan NaCl, kemudian dilakukan pengujian sampel air laut (Pantai Gading Lombok) dengan komposisi adsorben paling optimal dan diperoleh bahwa kemampuan gabungan adsorben tersebut menahan NaCl sebesar 56,36%. (tabel.4)

Penelitian ini menggunakan bahan limbah berupa Abu Gosok, Batang Pisang dan Enceng Gondok yang banyak dijumpai disekitar lingkungan yang dianggap sebagai limbah. Ketiga material adsorben ini masing-masing dapat berfungsi sebagai penyerap dalam hal ini NaCl. Dugaan ini dikuatkan pula oleh kemampuan batang pisang, enceng gondok maupun abu sekam yang telah dilaporkan beberapa peneliti yang kesemuanya memiliki pendapat bahwa ke tiga adsorben yang digunakan masing-masing memiliki kemampuan yang baik sebagai adsorben. Kemampuan batang pisang sebagai pengadsorpsi Cu mempunyai kapasitas optimum dan persentase adsorpsinya secara berturut turut adalah 19,7 mg/g dan 97,0% [5]. Kapasitas adsorpsi arang batang pisang pada ion Cr^{6+} sebesar 0,8019 mg/g, yang diperoleh pada waktu setimbang 40 menit dengan konsentrasi awal sebesar 75 ppm [6]. Sedangkan, serat batang pisang dapat digunakan untuk menghilangkan ion Cr^{6+} sampai 95 % dan 78 % dari dengan waktu kontak sampai 300 menit [7]. Arang batang pisang mampu mengadsorpsi terhadap ion Cu^{2+} sebesar 2,8112 mg/g pada konsentrasi 100 ppm sedangkan untuk ion Mg^{2+} mengadsorpsi sebesar 2,3371 mg/L pada konsentrasi 75 ppm [9]. Penambahan 15 gram adsorben batang pisang, kadar fosfat dalam limbah mampu dikurangi sebesar 8,91

mg/L dari keadaan awal sebesar 10,26 mg/L [10]. Sedangkan untuk enceng gondok, enceng gondok dapat dijadikan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar fosfor setelah divariasikan waktu kontaknya dengan limbah kotoran babi [14]. Keberadaan enceng gondok pada larutan uji yang mengandung logam Cd 0,2 ppm diperairan juga dapat teradsorpsi sangat efektif menggunakan enceng gondok setelah dilakukan kontak selama 6 hari [29]. Enceng gondok sebagai pengadsorpsi pada limbah laundry [10]. Kadar fosfat dalam limbah mampu dikurangi sebesar 8,84 mg/L dari keadaan awal sebesar 10,26 mg/L.

Selain itu, sekam padi juga telah dilaporkan mampu menyerap ion Pb dan ion Cu dalam air limbah. Kemampuan sekam padi pada adsorpsi air limbah yang diuji menggunakan instrumentasi serapan atom, dengan hasil pada limbah yang mengandung ion Pb terserap hingga 99,38%, sedangkan ion Cu terserap hingga 78,57% [26].

Sedangkan pada tabel.4 diperoleh informasi tentang hasil uji coba komposisi adsorben paling optimal berdasarkan hasil pada tabel.3 (10 gram abu gosok, 5 gram batang pisang dan 5 gram enceng gondok). Berdasarkan data tersebut diatas kemudian dilakukan uji pada sampel air laut yang diambil pada Pantai Gading Lombok. Dengan prosedur yang sama seperti pada perlakuan menggunakan larutan NaCl 0,1 M, sampel air laut dilewatkan pada kolom yang berisi tiga adsorben dengan waktu perendaman 10 menit kemudian diambil sebanyak 20 mL untuk dititrasi dengan larutan AgNO_3 yang sudah distandarisasi. Berdasarkan hasil titrasi tersebut diketahui bahwa kemampuan adsorben mengurangi kadar NaCl sebesar 56,36% setelah dilakukan pengulangan dua kali. Hasil tersebut tidak semaksimal hasil pada uji coba menggunakan larutan NaCl 0,1 M, hal ini diduga terjadi karena pada air laut tidak hanya terdiri atas NaCl saja tetapi ada juga jenis garam yang lain. Sehingga untuk mengetahui ada atau tidak garam yang lain perlu dilakukan uji dengan metode lain (metode argentometri tidak cukup baik untuk mendeteksi jenis garam selain NaCl).

KESIMPULAN

Abu gosok menjadi adsorben paling baik untuk mengurangi kadar NaCl dengan kemampuan sampai 83,75% (20 gram) jika dibandingkan dengan enceng gondok maupun Batang Pisang. Gabungan abu gosok (10 gram) dan enceng gondok (10 gram) dapat mencapai 80%, sedangkan untuk gabungan tiga adsorben maka komposisi paling baik terdiri atas abu gosok (10 gram), batang pisang (5 gram) dan enceng gondok (5 gram) dengan kemampuan 85,25%. Komposisi optimal gabungan adsorben yang sudah diperoleh kemudian digunakan untuk menguji kadar NaCl dalam air laut (Pantai Gading Lombok) dan

diperoleh kemampuan mengurangi kadar NaCl sebesar 56,36%.

Tabel.1 Konsentrasi NaCl yang tertahan pada adsorben menggunakan satu (1) jenis adsorben

Perlakuan	Komposisi Adsorben (gram)			Kadar AgNO ₃	Volume AgNO ₃	Volume NaCl	Kadar NaCl	% Kadar NaCl yang Tertahan
	Abu Gosok	Batang Pisang	Eceng Gondok					
1	20	0	0	0,1	3,25	20	0,01625	83,75
2	0	0	20	0,1	5,05	20	0,02525	74,75
3	0	20	0	0,1	9,6	20	0,048	52,00

Tabel.2 Kadar NaCl yang tertahan pada adsorben menggunakan dua (2) jenis adsorben

Perlakuan	Komposisi Adsorben (gram)			Kadar AgNO ₃	Volume AgNO ₃	Volume NaCl	Kadar NaCl	% Kadar NaCl yang Tertahan
	Abu Gosok	Batang Pisang	Eceng Gondok					
1	10	0	10	0,1	4	20	0,02	80,00
2	0	10	10	0,1	6,6	20	0,033	67,00
3	10	10	0	0,1	14,65	20	0,07325	26,75

Tabel.3 Kadar NaCl yang tertahan pada adsorben menggunakan tiga (3) jenis adsorben

Perlakuan	Komposisi Adsorben (gram)			Kadar AgNO ₃	Volume AgNO ₃	Volume NaCl	Kadar NaCl	% Kadar NaCl yang Tertahan
	Abu Gosok	Batang Pisang	Eceng Gondok					
1	10	5	5	0,1	2,95	20	0,01475	85,25
2	5	10	5	0,1	3,4	20	0,017	83,00
3	10	2	8	0,1	4,4	20	0,022	78,00
4	5	5	10	0,1	4,5	20	0,0225	77,50
5	4	6	10	0,1	4,75	20	0,02375	76,25
6	10	4	6	0,1	4,85	20	0,02425	75,75
7	10	6	4	0,1	5	20	0,025	75,00
8	10	8	2	0,1	6,05	20	0,03025	69,75
9	2	8	10	0,1	6,65	20	0,03325	66,75
10	8	10	2	0,1	6,7	20	0,0335	66,50
11	6	4	10	0,1	7	20	0,035	65,00
12	6	10	4	0,1	8,45	20	0,04225	57,75

Tabel.4 Kadar NaCl Sampel air laut (Pantai Gading Lombok)

Perlakuan	Sebelum dilewatkan Adsorben				Sebelum dilewatkan Adsorben				% Kadar NaCl yang Tertahan
	Kadar AgNO ₃	Volume AgNO ₃	Volume NaCl	Kadar NaCl	Kadar AgNO ₃	Volume AgNO ₃	Volume NaCl	Kadar NaCl	
Rata-rata	0,1	2,75	20	0,01375	0,1	1,2	20	0,006	56,36

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ismillayli, N., Hermanto, D., Kamali, S. R., & Fahrurazi, F. (2016). DESALINASI BERBASIS

TENAGA SURYA DI KECAMATAN BAYAN LOMBOK UTARA. *Jurnal Pijar Mipa*, 11(2).

- [2] Statistik, B. P. (2011). Statistik pertanian. *Badan Pusat Statistik, Jakarta*.
- [3] Cordeiro, N., Belgacem, M. N., Torres, I. C., & Moura, J. C. V. P. (2004). Chemical composition and pulping of banana pseudo-stems. *Industrial Crops and Products*, 19(2), 147-154.
- [4] Li, K., Fu, S., Zhan, H., Zhan, Y., & Lucia, L. (2010). Analysis of the chemical composition and morphological structure of banana pseudo-stem. *BioResources*, 5(2), 576-585.
- [5] Hasanah, A. N., Rizkiana, F., & Rahayu, D. (2012). Banana Peels and Stem (*Musa x paradisiaca* Linn.) as Biosorbent of Copper in Textile Industry Wastewater. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*, 3(3), 1171.
- [6] Widihati, I. A. G., Suastuti, N. G. A. M. D. A., & Nirmalasari, M. Y. (2012). Studi kinetika adsorpsi larutan ion logam kromium (Cr) menggunakan arang batang pisang (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Kimia*, 6(1), 8-16.
- [7] Becker, H., Matos, R. F., Souza, J. A. D., Lima, D. D. A., Souza, F. T. C. D., & Longhinotti, E. (2013). Pseudo-stem banana fibers: characterization and chromium removal. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, 5(3), 164-170.
- [8] Hidayah, N., Deviyani, E., & Wicakso, D. R. (2012). adsorpsi logam besi (Fe) sungai barito menggunakan adsorben dari batang pisang. *Konversi*, 1(1), 19-26.
- [9] Megawati, N. M. S., Putra, A. A. B., & Sibarani, J. (2013). Pemanfaatan Arang Batang Pisang (*Musa Paradisiacal*) Untuk Menurunkan Kesadahan Air. *Jurnal Kimia*, 7.
- [10] Ikhwan, Z. (2017). Efektifitas Bio Sorben Keladi, Eceng Gondok dan Batang Pisang pada Kandungan Fosfat Limbah Laundry. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 10(1), 45-51.
- [11] Bhattacharya, A., & Kumar, P. (2010). Water hyacinth as a potential biofuelcrop. *Electron J Environ Agric Food Chem*, 9(1), 112-122.
- [12] Gunnarsson, C. C., & Petersen, C. M. (2007). Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: A literature review. *Waste Management*, 27(1), 117-129.
- [13] Asip, F., Afrizal, R., & Rosa, S. S. (2008). Pembuatan Oil Adsorbant dari Eceng Gondok. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(4).
- [14] Chen, X., Chen, X., Wan, X., Weng, B., & Huang, Q. (2010). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) waste as an adsorbent for phosphorus removal from swine wastewater. *Bioresource Technology*, 101(23), 9025-9030.
- [15] Herawati, N. (2013). Pemanfaatan Eceng Gondok Sebagai Zat Penyerap Warna Pada Industri Tekstil Sebagai Upaya Mengurangi Pencemaran Air. *Berkala Teknik*, 3(2), 554-562.
- [16] Kanawade, S. M., & Gaikwad, R. W. (2011). Removal of methylene blue from effluent by using activated carbon and water hyacinth as adsorbent. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 2(5), 317.
- [17] Buasri, A., Chaiyut, N., Tapang, K., Jaroensin, S., & Panphrom, S. (2012). Biosorption of heavy metals from aqueous solutions using water hyacinth as a low cost biosorbent. *Civil Environ Res*, 2(2), 17-25.
- [18] Tangio, J. S. (2013). Adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa eceng gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, 8(01).
- [19] Muchtar, Z. (2013). Pengaruh Enceng Gondok Dan Kapur Terhadap Unit Pengolahan Air Gambut. *Pilar*, 9(2).
- [20] Yustinah, Y., Rahayu, R. A. N., & Cardosh, S. R. (2014). Pengaruh Massa Bioadsorben dari Eceng Gondok pada Proses Pemurnian Minyak Sawit Mentah (CPO). *Prosiding Semnastek*, 1(1).
- [21] Tudjuka, M. D., Walanda, D. K., & Hamzah, B. Arang Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai Adsorben Fenol pada Limbah PLTU Palu. *Jurnal Akademika Kimia*, 6(2), 119-124.
- [22] Fernández-Jiménez, A., & Palomo, A. (2005). Composition and microstructure of alkali activated fly ash binder: Effect of the activator. *Cement and concrete research*, 35(10), 1984-1992.
- [23] Setyaningtyas, T., & Sulaeman, U. (2007). Pengaruh pH Larutan Dan Ukuran Partikel Abu Sekam Padi Terhadap Penurunan Kadar Congo Red. *Molekul*, 2(1), 7-12.
- [24] Alma'arif, A. L., Wijaya, A., & Murwono, D. (2012). Penghilangan racun asam sianida (HCN) dalam umbi gadung dengan menggunakan bahan penyerap abu. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1), 14-20.
- [25] Yusuf, M. A. (2013). Adsorpsi Ion Cr (VI) oleh Arang Aktif Sekam Padi (Adsorption Ions Of Cr (VI) By Active Rice Husk Charcoal). *Unesa Journal of Chemistry*, 2(1).
- [26] Nurhasni, N., Hendrawati, H., & Saniyyah, N. (2014). Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. *Jurnal Kimia Valensi*, 4(1).

- [27] Hakim, L. N., Syarifudin, A., & Hamzani, S. (2016). Efektifitas Abu Sekam Padi Dan Poly Aluminium Chloride Dalam Menurunkan Zat Warna Limbah Cair Industri Sasirangan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 13(2), 346-354.
- [28] Wardalia, W. (2016). Karakterisasi Pembuatan Adsorben Dari Sekam Padi Sebagai Pengadsorp Logam Timbal Pada Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(2).
- [29] Suryati, T. (2011). Eliminasi logam berat kadmium dalam air limbah menggunakan tanaman air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 4(3).
- [30] Ismillayli, N., Mardiana, L., Kurnianingsih, R., Hermanto, D., & Fahrurazi, F. (2017). Teknologi Pengelolaan Air Siap Minum Di Desa Jago Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Pijar Mipa*, 12(2), 102-106.