

PEMANFAATAN ARANG AKTIF AMPAS TAHU SEBAGAI BAHAN PENYERAP LOGAM BERAT ARSEN (As) DALAM AIR LINDI

Siska Widya Rakhmawati¹, Rachmaniyah², Rusmiati³

¹²³Program Studi D-IV Jurusan Kesehatan Lingkungan

siskawidya31@gmail.com

ABSTRAK

Lindi (leachate) merupakan cairan yang dihasilkan dari tumpukan sampah menghasilkan berbagai kandungan organik dan anorganik yang cukup tinggi sehingga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar apabila tidak diolah dengan baik dan efektif. Air lindi memiliki resiko tinggi pencemaran lingkungan sekitar wilayah TPA sehingga perlu adanya penanganan optimal dan metode untuk mengurangi cemaran senyawa organik maupun anorganik dalam air lindi yaitu dengan melakukan pengolahan menggunakan limbah ampas tahu yang digunakan sebagai arang aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh arang aktif ampas tahu sebagai bahan penyerap logam berat Arsen (As) dalam air lindi. Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen dengan melakukan pemeriksaan kadar Arsen dalam Air Lindi Sebelum dan Setelah dilakukan pengolahan menggunakan arang aktif ampas tahu. Metode Pengolahan data yang digunakan meliputi editing, coding, dan tabulating. Analisis data menggunakan analisis deskriptif dan uji statistic uji annova satu arah (*one way anova*). Hasil penelitian ini pada penambahan arang aktif ampas tahu menunjukkan bahwa air lindi dengan perlakuan penambahan massa arang aktif ampas tahu dengan massa sebesar 4 gram mengalami penurunan dengan persentase 50 %, 5 gram mengalami penurunan dengan persentase 77,7 %, dan 6 gram mengalami penurunan dengan persentase 92,3%. Selain itu, perbedaan yang signifikan diketahui bahwa nilai mean difference terbesar yaitu pasangan 4 gram dan 6 gram yaitu sebesar 1.25000 yang artinya bahwa terdapat perbedaan yang besar antara penurunan massa arang 4 gram dengan 6 gram.

Kata kunci: *arang aktif ampas tahu, kadar arsen(as)*

USE OF TOFU DREGS ACTIVE CHARCOAL AS ABSORBENT MATERIAL OF HEAVY METALS ARSENIC (As) IN LEACHATE WATER

ABSTRACT

Lindi (leachate) is a liquid produced from a pile of rubbish that produces a variety of organic and inorganic content that is high enough to cause a negative impact on the surrounding environment if it is not treated properly and effectively. Leachate water has a high risk of environmental pollution around the landfill area thus it is necessary to have optimal handling and methods to reduce contamination of organic and inorganic compounds in leachate by processing using tofu dregs used as active charcoal. This study aims to determine the effect of tofu waste active charcoal as an absorbent material for Arsenic (As) in leachate. This research includes experimental research by examining the levels of Arsenic in Leachate Water Before and After processing using tofu activated charcoal. Data processing methods used include editing, coding, and tabulating. Data analysis used descriptive analysis and statistical one-way ANOVA test. The results of this study on the addition of tofu-activated activated charcoal showed that leachate by treatment with the addition of tofu-based activated charcoal mass of 4 grams decreased by 50%, 5 grams decreased by 77.7%, and 6 grams decreased with percentage of 92.3%. In addition, a significant difference is known that the largest mean difference value is 4 gram and 6 gram pairs, which is equal to 1.25000, which means that there is a large difference between the decrease in charcoal 4 grams and 6 grams.

Key words: *tofu dregs active charcoal, arsenic levels (as)*

PENDAHULUAN

Lindi (leachate) merupakan cairan yang dihasilkan dari tumpukan sampah menghasilkan berbagai kandungan organik dan anorganik yang cukup tinggi sehingga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar apabila tidak diolah dengan baik dan efektif (Ali, 2011). Air lindi memiliki resiko tinggi pencemaran lingkungan sekitar wilayah TPA sehingga perlu adanya penanganan optimal dan metode untuk mengurangi cemaran senyawa organik maupun anorganik dalam air lindi (Hadiwidodo, 2012)¹.

Karakteristik lindi umumnya ditandai dengan kandungan senyawa organik serta unsur logam yang dapat mencemari lingkungan. Beberapa dari unsur logam tersebut merupakan logam yang paling berbahaya, diantara unsur-unsur logam berat pencemar tersebut adalah Arsen (As), Timbal (Pb), Merkuri (Hg) dan Kadmium (Cd) yang merupakan beberapa logam-logam berat yang bersifat toksik bagi manusia. Efek toksik yang muncul pada jaringan dan organ tubuh adalah akibat terjadinya interaksi logam-logam berat terhadap enzim sehingga menyebabkan toksisitas dalam organ target (Sudarwin, 2008)².

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Yang Belum Memiliki Baku Mutu Air Limbah Yang Ditetapkan harus memenuhi Standart Baku Mutu yaitu sebesar 0,5 mg/L. Kualitas pengolahan air lindi harus memenuhi standart baku yang telah ditetapkan baik secara fisik, kimia, dan biologi. Salah satunya logam Arsen (As) mempunyai sifat karsinogenik³.

Arsen (As) merupakan logam berat yang bersifat toksik banyak dijumpai di tanah, perairan maupun udara. Asam arsenat (As5+) adalah bentuk anorganik yang paling tidak beracun sedangkan jenis asam arsenit (As3+) lebih beracun dari pada asam arsenik. Keracunan Arsen (As) yang ditandai dengan adanya gejala muntaber disertai darah, ikterus, pendarahan pada ginjal, dan kanker kulit. Apabila air yang tercemar oleh logam Arsen (As) maka dapat berpengaruh terhadap biota air jika ikan yang terdapat pada perairan sekitar yang tercemar oleh logam Arsen (As) dikonsumsi manusia secara terus menerus maka logam Arsen (As) tersebut akan terakumulasi di dalam tubuh dan akan memberikan dampak karsinogenik terhadap tubuh manusia (Endrinaldi, 2010)⁴.

Potensi kandungan logam berat dalam lindi sangat besar sehingga di butuhkan dalam mengadsorpsi logam-logam berat dalam air lindi. Beberapa metode yang digunakan untuk menurunkan logam-logam berat seperti pengendapan, reserve osmosis, pertukaran ion, bio-reduksi (Volesky, 2007) Berbagai metode yang dilakukan, adsorpsi dengan arang aktif merupakan metode alternatif dalam meminimalisir pencemaran logam berat karena lebih sederhana, mudah didapatkan serta relatif murah. Menurut Mohapatra (2010) Bahan

yang dapat dimanfaatkan untuk karbon maupun arang aktif adalah bahan yang mengandung selulosa, hemiselulosa maupun lignin yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, biji-bijian, sekam padi dan limbah padat (Herlandien,2013)⁵.

Arang aktif ditingkatkan dengan melakukan aktivasi kimia menggunakan berbagai bahan pengaktif seperti NaOH, CaCl₂, HCl dan dilakukan aktivasi fisika dengan pemanasan pada suhu yang tinggi. Dari ketiga aktivator kondisi yang paling efektif, aktivator HCl, dan waktu aktifasi 24 jam yaitu sebesar 8,23%. Aktivasi kimia bertujuan untuk membuka permukaan arang yang tertutup. Pada saat dilakukan pemanasan, senyawa pengotor yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terserap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan meningkatkan daya serapnya (Surest dkk, 2008)⁷.

Berdasarkan studi pendahuluan peneliti pada tanggal 17 September 2018 air lindi pada outlet IPAL TPA Benowo kandungan logam berat Arsen (As) yaitu sebesar 3,86 mg/l. Nilai tersebut melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 yaitu sebesar 0,5 mg/l. Pada studi awal penelitian yang dilakukan pada perlakuan penambahan arang ampas tahu yang sudah di aktivasi oleh HCL 1M dengan waktu kontak 30 menit dengan massa adsorben 3 gram didapatkan penurunan sebesar 87,8% dengan nilai 0,47 mg/L. Nilai tersebut sudah tidak melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 yaitu sebesar 0,5 mg/l. Berdasarkan uraian tersebut, penulis melakukan penelitian Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Tahu Sebagai Bahan Penyerap Logam Berat Arsen (As) Dalam Air Lindi⁹.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah *eksperimen* dengan desain studi *one group pre-post test design*. Obyek penelitian ini adalah arang aktif ampas tahu dengan massa 4 gram, 5 gram, dan 6 gram. Besar sampel yang digunakan adalah sejumlah 24 sampel. Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah menggunakan rumus Frederer. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, dan data primer. Analisis data menggunakan analisis Deskriptif, yaitu dengan melakukan analisis beda penurunan logam berat Arsen (As) dalam bentuk tabel dari hasil pemeriksaan logam berat Arsen (As) pada Air Lindi sebelum dan setelah perlakuan. Setelah itu dilakukan analisis analitik, yaitu dengan melakukan uji statistik menggunakan uji normalitas untuk mengetahui uji berdistribusi normal selanjutnya uji *one way anova*, digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya beda penurunan kadar logam berat Arsen (As) pada Air Lindi. Jika data tidak berdistribusi normal maka menggunakan uji Kruskall Wal

HASIL

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kadar Arsen (As) Outlet Air Lindi Sebelum Perlakuan Menggunakan Arang Aktif Ampas Tahu

Kode Sampel	Kadar Arsen (As) (mg/L)
K.1	2,69 mg/L
K.2	2,89 mg/L
K.3	2,74 mg/L
K.4	2,80 mg/L
K.5	2,71 mg/L
K.6	2,66 mg/L
Jumlah	16,49 mg/L
Rata-rata	2,74 mg/L

Sumber : Data Primer

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Kadar Arsen (As) Outlet Air Lindi Sesudah Perlakuan Penambahan Arang Aktif Ampas Tahu

Perlakuan	Kadar Arsen (As) sesudah perlakuan penambahan arang aktif ampas tahu		
	Kode A	Kode B	Kode C
	4 gram	5 gram	6 gram
1	1,35 mg/L	0,78 mg/L	0,23 mg/L
2	1,42 mg/L	0,71 mg/L	0,21 mg/L
3	1,34 mg/L	0,66 mg/L	0,24 mg/L
4	1,40 mg/L	0,50 mg/L	0,20 mg/L
5	1,31 mg/L	0,55 mg/L	0,22 mg/L
6	1,40 mg/L	0,48 mg/L	0,21 mg/L
Jumlah	8,22 mg/L	3,68 mg/L	1,31 mg/L
Rata-rata	1,37 mg/L	0,61 mg/L	0,21 mg/L

Sumber : Data Primer

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Kadar Arsen (As) Outlet Air Lindi Sebelum & Sesudah Perlakuan Penambahan Arang Aktif Ampas Tahu

Kode sampel	Kadar Arsen Outlet Air Lindi (mg/L)		Penurunan	Persentase (%)
	Rerata Sebelum	Rerata Sesudah		
A	2,74	1,37	1,37	50 %
B	2,74	0,61	2,13	77,7 %
C	2,74	0,21	2,53	92,3 %

Sumber : Data Primer

Tabel 4. Hasil Analisis Uji One Way Anova Kadar Arsen (As)

Parameter	F	Sig
Arsen	1.247E3	0,000

Sumber : Data Primer

Tabel V.5 Hasil Analisis Uji Post Hoc Lsd Kadar Arsen

Dosis (I)	Massa (J)	Mean Difference	Sig.
4 gram	5 gram	.75650*	0.000
	6 gram	1.15150*	0.000
5 gram	4 gram	.75650*	0.000
	6 gram	.39500*	0.000
6 gram	4 gram	-1.15150*	0.000
	5 gram	-.39500*	0.000

Sumber : Data Primer

DISKUSI

Kadar Arsen (As) Sebelum Perlakuan Penambahan Arang Aktif Dari Ampas Tahu

Hasil pemeriksaan parameter logam berat Arsen (As) sebelum perlakuan penambahan arang aktif ampas tahu diperiksa dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) mendapatkan hasil 2,74 mg/L. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.5 tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri pada logam berat Arsen (As) yaitu 0,5 mg/L. Sedangkan kadar Arsen (As) pada air lindi tidak layak buang ke lingkungan sehingga dilakukan dengan pemanfaatan arang aktif ampas tahu untuk menurunkan logam berat Arsen (As). Menurut Christensen (2001) air lindi mengandung senyawa organik maupun zat anorganik dapat mempengaruhi ekosistem perairan dan kehidupan biota air serta mempengaruhi kegiatan fisiologis, pembentukan sel, serta menimbulkan efek toksik. Selain itu apabila peruntukannya juga untuk penyiraman tanaman maka berisiko tinggi tanaman akan tercemari oleh logam arsen. Dapat diketahui bahwa logam arsen bersifat toksik tetapi masih relatif sedikit namun tingkat toksisitasnya sangat tinggi karena termasuk dalam logam berat (Hazimah, 2008). Bahaya dan efek dari arsen apabila dibuang ke badan air maka dapat mempengaruhi biota air tersebut. Apabila ikan yang dibadan air tersebut dikonsumsi dalam jumlah besar dan terus menerus maka dapat berisiko tinggi menyebabkan tumor kulit, paru-paru, dan gangguan kemih dan hati. Apabila terjadi akumulasi Arsen yang terus menerus didalam tubuh manusia, menurut Endirealdi (2010) keracunan akut akan menimbulkan gejala muntaber disertai darah, disusul dengan koma dapat menyebabkan kematian. Sedangkan keracunan kronis dapat menimbulkan ikterus, pendarahan pada ginjal, dan kanker kulit.

Pengurangan kadar Arsen (As) maupun logam berat lainnya dapat dikurangi melalui beberapa metode

pertukaran ion, filtrasi, proses pengendapan, dan proses adsorpsi dengan karbon aktif granular. Pemanfaatan karbon aktif untuk menghilangkan logam berat sering digunakan untuk proses pengolahan lanjut air yang sudah diolah dengan variasi bahan, aktivator serta metode yang berbeda-beda. Karbon aktif yang digunakan adalah bahan baku yang mengandung karbon (C) misalnya, batok kelapa, limbah kayu, arang, batu bara atau senyawa karbon lainnya, dengan memanaskan dengan suhu tinggi serta dilakukan aktivasi dengan proses tertentu sehingga mempunyai sifat adsorpsi yang lebih optimal sehingga dapat menurunkan logam berat sampai di nilai terendah (Said,2010).

Kadar Arsen (As) Sesudah Perlakuan Penambahan Arang Aktif Dari Ampas Tahu

Hasil pemeriksaan didapatkan bahwa kandungan logam berat Arsen setelah dilakukan perlakuan penambahan arang aktif ampas tahu massa arang aktif 4 gram dengan rerata kadar arsen sebesar 1,37 mg/L, massa arang aktif 5 gram dengan rerata kadar arsen sebesar 0,61 mg/L, massa arang aktif 6 gram dengan rerata kadar arsen sebesar 0,21 mg/L. Pada massa arang aktif sebesar 6 gram sudah dibawah ambang batas sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 05 Tahun 2014 yaitu sebesar 0,5 mg/L namun belum mencapai angka 0 karena logam Arsen susah terlarut. Dampaknya dapat menyebabkan keracunan, gagal ginjal, muntaber bahkan meninggal.

Penurunan nilai logam berat Arsen dalam air lindi setelah adsorpsi dengan arang aktif, disebabkan oleh faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Penurunan logam berat dengan adsorben dari bahan ampas tahu potensial dijadikan karbon aktif karena jumlahnya yang sangat berlimpah namun kurang dimanfaatkan. Hal ini sejalan dengan penelitian Nohong (2010) yang dibuat menjadi serbuk ampas tahu mampu menyerap logam yang terdapat pada air lindi tempat pembuangan akhir (TPA) yaitu logam krom sebesar 100% dan logam besi sebesar 95,53% dengan waktu kontak optimum selama 150 menit. Pada penelitian yang dilakukan (Pratiwi, 2016) bahwa filtrasi campuran pasir dan ampas tahu kering mampu menurunkan kadar besi sebesar 0,10325 mg/l. Ampas tahu potensial dijadikan arang aktif karena semakin meningkatnya produksi pembuatan tahu sehingga limbah yang dihasilkan dari penyaringan juga semakin berlimpah berlimpah namun kurang dimanfaatkan. Pemilihan media ampas tahu dikarenakan kandungan serat kasarnya yang cukup tinggi yaitu sebesar 38,26% (Yustina, 2012). Serat kasar dalam ampas tahu terdiri dari selulosa, hemiselulosa, yang dapat dibuat menjadi karbon aktif hal ini sejalan dengan penelitian Apriliani (2010) ampas tebu mengandung gugus fungsi seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin yang mengandung gugus OH yang terikat dan dapat berinteraksi dengan adsorbat sehingga mampu menyerap logam Kadmium (Cu) dengan baik.

Menurut yuwono (2015) ampas tahu memiliki serat yang cukup tinggi. Serat memiliki daya serap air yang tinggi karena memiliki ukuran polimer yang besar, struktur yang kompleks dan banyak mengandung gugus hidroksil. Selain itu, komponen utama serat berupa selulosa memiliki fungsi sebagai pengikat air dan kation. Berdasarkan penelitian Pari (2011) menunjukkan bahwa atom karbon dari selulosa berperan dalam pembentukan struktur karbon di dalam arang karena selulosa merupakan polimer linier dimana monomernya saling berikatan sehingga permukaan polimer selulosa lebih teratur dan tidak mudah rapuh sehingga proses penyerapan ion logam akan semakin baik. Menurut penelitian Baroroh (2017) Bahwa gugus aktif OH⁻ yang terdapat pada selulosa menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben, sehingga terjadi interaksi antara ion logam dengan gugus OH⁻. Kandungan selulosa dapat berinteraksi dengan ion logam yang bermuatan positif sehingga dapat berpengaruh dalam penurunan logam As. Partikel dari adsorben memiliki sisi aktif negatif yang akan berinteraksi dengan ion logam bermuatan positif. Pada penelitian ini sisi aktif negatif dari arang aktif ampas tahu adalah OH⁻ dan ion logam bermuatan positif adalah As, keduanya akan berinteraksi membentuk senyawa kompleks. Terjadinya reaksi antara zat pengikat logam dengan ion logam menyebabkan ion logam kehilangan sifat ionnya dan mengakibatkan ion logam tersebut kehilangan sebagian besar toksisitasnya.

Analisis Penurunan Kadar Arsen (As) Sebelum dan Sesudah Perlakuan Penambahan Arang Aktif Dari Ampas Tahu

Kandungan kadar Arsen (As) yang terkandung dalam air lindi dapat menimbulkan pencemaran ekosistem perairan, logam berat yang berada di dalam tubuh ikan mempengaruhi kegiatan fisiologis, pembentukan sel, dan fungsi jaringan sel suatu organ yang akan terakumulasi dan apabila ikan dikonsumsi oleh manusia maka akan terjadi akumulasi dalam tubuh manusia dan menyebabkan berbagai penyakit (Christensen 2001).

Hasil pemeriksaan kadar Arsen (As) pada *outlet* air lindi sebelum dan sesudah perlakuan pada tiap kelompok perlakuan memiliki hasil yang berbeda. Seperti yang telah diuraikan pada tabel VI. bahwa rata-rata kadar As pada kelompok K (kontrol) sampel sebelum perlakuan sebesar 2,74 mg/L, pada kelompok A (massa 4 gram) kadar As sebesar 1,37 mg/L, pada kelompok B (massa 5 gram) kadar As sebesar 0,61 mg/L, dan pada kelompok C (massa 6 gram) kadar As sebesar 0,21 mg/L. Perbedaan kadar As pada kelompok sebelum dan sesudah perlakuan menunjukkan bahwa ada penurunan kadar As setelah dilakukan pengolahan dengan menambahkan arang aktif ampas tahu. Hal ini dikarenakan terjadinya proses adsorpsi dimana terjadinya peristiwa menempelnya ion maupun atom pada permukaan arang yang sudah diaktivasi menggunakan asam klorida.

Menurut Syauqiah (2011), faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain : Luas permukaan, jenis adsorbat, struktur molekul dan konsentrasi adsorbat, temperatur, pH, kecepatan dan lama pengadukan serta waktu kontak. Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben sehingga luas permukaan berbanding lurus dengan massa adsorben karena semakin banyak massa adsorben dan permukaan adsorben sangat luas maka daya serapnya akan meningkat. Pemilihan 80 mesh dalam penelitian ini dianggap tepat dalam proses adsorpsi. Menurut (Sunarya,2006) bahwa efisiensi penyerapan semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel. Hal ini disebabkan karena bertambahnya luas permukaan adsorben, sehingga ion-ion akan lebih banyak terserap pada permukaan adsorben. Bertambahnya massa adsorben mengakibatkan banyaknya reaksi bertemunya antar partikel sehingga saling mengikat dan menempel pada pori-pori arang aktif. Dapat dibuktikan dalam penelitian ini menggunakan variasi massa arang aktif 4,5,6 gram dan penurunan paling besar yaitu pada massa 6 gram. Penurunan logam juga dipengaruhi oleh pH dalam *outlet* air lindi karena kemampuan penyerapan suatu adsorben dipengaruhi oleh pH larutan. Pada penelitian ini penulis melakukan pengukuran pH pada sampel sebelum diberi perlakuan dengan penambahan arang aktif ampas tahu pada kondisi awal air berwarna kekuningan dengan pH 6. Setelah diberikan arang aktif ampas tahu pada massa arang 4,5,6 gram pH mengalami penurunan menjadi 5. Hasil pengukuran pH pada kondisi *outlet* air lindi berwarna keruh kekuningan, setelah diberikan arang ampas tahu pada massa 6 gram warna menjadi bersih dan air tidak berbau. Hal ini dapat disebabkan terserapnya kandungan zat organik, logam dalam air oleh pori-pori arang aktif sehingga menjadikan air menjadi jernih dan tidak berbau. Menurut Sembiring (2009), Pada pH rendah penyerapan terhadap semua ion logam rendah. Hal ini dikarenakan pada pH rendah permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H^+ karena gugus fungsi yang terdapat pada adsorben semakin bertambah. Dalam kondisi asam permukaan adsorben juga bermuatan positif, yang akan menyebabkan terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan ion logam, sehingga adsorpsinya pun menjadi rendah. Pada pH netral efisiensi penyerapan juga menurun. Hal ini disebabkan karena pada pH netral ion-ion logam dapat mengalami reaksi hidrolisis dalam larutan sehingga tidak stabil dalam bentuk ion logam semula dan menyebabkan kemampuan arang ampas tahu untuk menyerapnya menurun. Sedangkan pada pH basa, ion-ion logam mengendap serta sukar larut dalam air sehingga efisiensi penurunan pada ion logam sulit untuk ditentukan karena terjadinya pengendapan. (Refilda, 2001)

Penurunan logam arsen juga dipengaruhi oleh pengadukan dengan pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk berkontak dengan senyawa serapan sehingga adsorbat menempel dan tidak lepas. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal (Syauqiah,2011). Penelitian ini penulis menggunakan kecepatan 110 rpm dengan, karena pada kecepatan pengadukan untuk limbah cair diatas 100 rpm partikel-partikel yang terdapat dalam limbah biasanya lebih banyak dan relative lebih kompleks dibandingkan dengan pengolahan air bersih (Asmadi,2009). Salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi As oleh arang aktif ampas tahu pada proses batch adalah waktu pengadukan. Lama pengadukan menggunakan waktu selama 30 menit mengacu pada penelitian Nohong (2010) serbuk limbah pada tahu dikontakkan menggunakan variasi waktu 30,60,120 dan 150 menit waktu penurunan logam didapatkan waktu 30 menit dan pada penelitian Rizky (2017) arang aktif dikontakkan pada limbah cair tahu dengan variasi kontak 30,45, dan 60 menit bahwa terjadinya penurunan paling besar pada kadar Nitrat yaitu waktu 30 menit sedangkan pada waktu 60 menit penurunan hanya sedikit. Hal ini dikarenakan pori-pori pada arang aktif penuh dengan larutan ion logam sehingga terjadi kejenuhan. Waktu pengadukan, senyawa arang aktif ampas tahu melakukan kontak dengan senyawa-senyawa organik dan anorganik serta senyawa lainnya yang menyerap logam berat yang ada di air lindi, proses pengadukan memberikan kesempatan agar senyawa organik tersebut dapat menempel pada permukaan arang aktif ampas tahu yang luas pori-pori permukaannya terbuka karena sudah dilakukan aktivasi menggunakan asam klorida. Waktu kontak adalah waktu yang diperlukan untuk kemampuan daya serap antara adsorben dengan adsorbat hingga mencapai kesetimbangan. Menurut Budiono (2013) konsentrasi larutan akan berkurang dari konsentrasi mula-mula menjadi konsentrasi keseimbangan. Kesetimbangan terjadi setelah waktu kontak 1 hingga 4 jam dengan melakukan sederetan percobaan. Pemilihan waktu kontak selama 1 jam, agar menempelnya adsorbat dengan adsorben sempurna dan mencapai kesetimbangan. Proses pengendapan dilakukan setelah dilakukan pengadukan, hal ini difungsikan agar arang aktif yang sudah mengikat senyawa organik pada limbah cair tahu dapat turun ke permukaan dan mengendap secara maksimal dengan bantuan gravitasi.

Pengaruh Perbedaan Massa Arang Aktif Ampas Tahu Sesudah Perlakuan Penambahan Arang Aktif Ampas Tahu

Pada uji statistik *One Way Anova* didapatkan nilai signifikansi lebih kecil dari $\alpha = 0,05$ yaitu sebesar 0,000 yang artinya ada perbedaan antara massa dsorben 4 gram, 5 gram, dan 6 gram artinya ada penurunan

logam berat Arsen (As) setelah dilakukan pengolahan dengan arang aktif ampas tahu. Pada uji *Post Hoc* kadar Arsen (As) nilai *mean difference* terbesar yaitu 4 gram dan 6 gram yaitu sebesar 1.25000 yang artinya bahwa terdapat perbedaan yang besar antara penurunan dosis 4 gram dengan 6 gram.

Berdasarkan tabel V.3 dapat dijelaskan bahwa semakin banyak massa adsorben yang diberikan maka penurunan kadar Arsen (As) pada air lindi semakin besar. Penurunan kadar Arsen (As) terbesar terjadi pada massa adsorben terbesar yaitu 6 gram. Penurunan sebesar 2,53 mg/l atau sebesar 92,3%.

Proses adsorpsi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah luas permukaan adsorben. Jumlah adsorben yang makin banyak akan memberikan luas permukaan yang makin besar bagi adsorbat untuk terdesorpsi. Selain itu makin banyak jumlah adsorben juga akan memberi kesempatan kontak yang makin besar dengan molekul-molekul adsorbat (Sembodo, 2006). Permukaan yang luas ini terbentuk karena banyaknya pori-pori yang halus pada padatan tersebut. Disamping luas spesifik dan diameter pori distribusi ukuran partikel merupakan yang paling penting dari suatu adsorbent (Asip, 2008). Semakin banyak massa karbon aktif yang ditambahkan maka presentase penurunan kadar COD, Nitrat, Nitrit pada air limbah semakin besar, hal ini sesuai dengan penelitian Rizky (2017) yang menunjukkan semakin tinggi dosis karbon aktif semakin tinggi penurunan Nitrat. Hal ini terjadi karena dengan semakin banyak media berarti semakin bertambah jumlah arang aktif ampas tahu menyebabkan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan material karbon aktif ampas tahu, sehingga semakin bertambah besarnya daya serap terhadap adsorbat.

SIMPULAN

1. Pemeriksaan kadar Arsen dalam *outlet* air lindi sebelum perlakuan penambahan arang aktif ampas tahu sebesar 2,71 mg/L.
2. Pemeriksaan kadar Arsen dalam *outlet* air lindi sesudah perlakuan penambahan arang aktif ampas tahu pada massa rang aktif 4 gram sebesar 1,37 mg/L, massa arang aktif 5 gram sebesar 0,61 mg/L, massa arang aktif 6 gram sebesar 0,21 mg/L.
3. Penurunan kadar Arsen sebelum dan sesudah perlakuan penambahan arang aktif ampas tahu yaitu pada perlakuan sebelum penambahan didapatkan hasil rata-rata 2,71 mg/L perlakuan penambahan massa 5 arang aktif ampas tahu 4 gr sebesar 1,37 mg/L (50%), perlakuan penambahan massa 5 gram penyerapan kadar Arsen (As) sebesar 2,13 mg/L (77,7%), perlakuan penambahan arang aktif ampas tahu 6 gram sebesar 2,53 mg/L (92,3%).
4. Ada perbedaan penurunan dengan variasi massa adsorben 4 gram, 5 gram, dan 6 gram. Massa efektif dalam menurunkan kadar Arsen (As) adalah 6 gram dengan penurunan sebesar 2,53 mg/L atau 92,3%.

SARAN

1. Bagi industri maupun instansi yang menghasilkan limbah dapat mengaplikasikan ampas tahu sebagai penurunan selain logam berat Arsen (As) dan memeriksa karakteristik arang ampas tahu
2. Bagi masyarakat diharapkan bisa mengolah limbah ampas tahu maupun limbah adat lainnya yang dapat digunakan sebagai arang atau karbon aktif
3. Bagi peneliti lain melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan variasi aktivasi, membuat inovasi selain arang aktif tetapi berbahan ampas tahu, atau menggunakan sistem berbeda dengan melakukan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Andita Intan, Liliya Dewi Susanawati, Bambang Suharto. 2016. *Efektivitas Adsorpsi Logam Berat Pada Air Lindi Menggunakan Media Karbon Aktif, Zeolit, Dan Silika Gel Di TPA Tlekung, Batu*.
2. Ali, Munawar. 2011. *Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan dan Kesehatan*. Surabaya : UPN Press
3. Alfiany, H., B. Syaiful, dan Nurakhirawan. 2013. *Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb dengan Beberapa Aktivator Asam*. Jurnal Natural Science, 2 (3): 75-86.
4. Alverina, N., Juswono U., Nuriyah. 2016. *Efektivitas Penyerapan Logam Berat Cu dan Cr oleh Karbon aktif Bonggol Jagung dan Karbon Aktif Sekam Padi pa Air Lindi TPA Sampah*. Jurnal. Malang: Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya.
5. Apriliani, Ade, 2010. *Pemanfaatan arang ampas tebu sebagai adsorben ion logam Cd, Cr, Cu Dan Pb Dalam Air Limbah*. Program Studi Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
6. Arif, Abdul R, 2014. *Adsorpsi Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule) Terhadap Penurunan Fenol*. Jurnal Kimia Makasar.
7. Arief, Muhammad Latar, 2016. *Pengolahan Limbah Industri*. Yogyakarta, Penerbit Andi
8. Arief Rizky. 2016. *Pemanfaatan Karbon Aktif Ampas Tebu Untuk Menurunkan Kadar Logam Pb Dalam Larutan Air*. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
9. Asmadi, 2009. *Pengurangan Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca(OH)₂, Naoh dan Nahco₃ (Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang)*. Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (PSL), Institut Pertanian Bogor (IPB) Komplek Kampus IPB, Dermaga, Bogor Jurusan

- Teknik Lingkungan, UNDIP Semarang Komplek Kampus UNDIP, Tembalang, Semarang. JAI Vol 5. No. 1 2009.
10. Baroroh, Azzumrotul, Anita Dewi Moelyaningrum, Ellyke. 2017. *Pemanfaatan Serbuk Selulosa Kulit Kakao sebagai Adsorben Logam Berat Ni pada Limbah Cair Elektroplating*. Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa. Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember
 11. Budiyo, Sumardiono S.2013. *Teknik Pengolahan Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu
 12. Christensen, T.H., Bjerg, P. 1., Jensen. D. L., Heron, G. 2001. *Biogeochemistry of Landfill Leachate Plumes*. Appl. Geochem. 16, 659-718
 13. Cumar SKM., Nagaraja B. 2010. *Environmental impact of leachate characteristics on water quality*. Environ Monit Asses Journal. DOI 10.1007/s10661-010-1708-9
 14. Edward Tandy, Ismail Fahmi Hasibuan, Hamidah Harahap. 2012. *Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam Terhadap Minyak Pelumas Dalam Air*. Jurnal Teknik Kimia USU. Volume 1 No. 2. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik. USU.
 15. Endrinaldi. 2010. Logam-logam berat pencemar. *Jurnal Kesehatan Masyarakat, Vol. 4, No, 42-46*.
 16. Gumelar Dalas, Yusuf Hendrawan, Rini Yulianingsih. 2015. Pengaruh Aktivator dan Waktu Kontak Terhadap Kinerja Arang Aktif Berbahan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Pada Penurunan COD Limbah Cair Laundry. Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem Vol. 3 No. 1, Februari 2015, 15-23
 17. Herlandien, Y, L. 2013. *Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Adsorben Logam Berat Dalam Air Lindi Di TPA Pakusari Jember*. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.
 18. Hadiwidodo Mochtar, Wiharyanto Oktiawan, Alloysius Riza Primadani, Bernadette Nusye Parasmita, Ismaryanto Gunawan. 2012. *Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob Dan Wetland*. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik UNDIP. Jurnal Presipitasi Vol. 9 No.2 September 2012, ISSN 1907-187X.
 19. Kaswinarni, Fibria. 2007. *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu (Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali)*. Masters thesis, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
 20. KLH, 2006. *Standar Baku Mutu Emisi dari Sumber Bergerak*. Jakarta. Kementrian Lingkungan Hidup.
 21. Lempang, 2014. *Sifat Dasar dan Potensi Kegunaan Kayu Jabon Merah*. Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea, 3(2), 163-175
 22. Mohapatra, D., Mishra, S., Sutar, N. 2010. *Banana and its byproduct utilisation: an overview*. Journal of Scientific & Research Vol. 69, May 2010, pp. 323-329
 23. Nohong. 2010. *Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Bahan Penyerap Logam Krom, Kadmiun Dan Besi Dalam Air Lindi Tpa Puuwatu Kendari*. Jurnal Pembelajaran Sains Vol. 6 No.2, Februari 2010, 257-269
 24. Notoatmodjo, Soekidjo, 2010. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta, PT Rineka Cipta.
 25. Notoatmodjo, Soekidjo, 2012. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta, PT Rineka Cipta.
 26. Panjaitan, G.Y. 2009. *Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Pohon Avicennia mariana di Hutan Mangrove*. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
 27. Pari, G., D. Hendra dan R.A Pasaribu, 2008, *Peningkatan Mutu Arang Aktif Kulit Kayumangium*, Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan
 28. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah
 29. Pilliangsani Muharman Hiqmad, 2010. *Sukses Bisnis Rumahan*. Jakarta, PT Elex Media Komputindo
 30. Pratiwi, Eka Nadia, Husaini, Eko Suhartono, 2016. *Filtrasi Campuran Pasir Dan Ampas Tahu Kering Sebagai Adsorben Logam Besi Dan Mangan Pada Air Gambut*. Program Studi Magister Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran, Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan. Indonesia, 70714. Jurnal Berkala Kesehatan, Vol.1, No.2, Mei 2016 : 139-148
 31. Ramdja, A. Fuadi, Mirah Halim, Jo Handi, 2008. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepeh Kelapa (Cocos Nucifera)*. Jurnal Teknik Kimia, No. 2, Vol. 15, April 2008
 32. Rahmawati, Jevi M, 2017. *Pemanfaatan Ampas Tahu Dan Daun Kelor Sebagai Media Tambahan Untuk Pertumbuhan Dan Produktivitas Jamur Tiram Putih (Pleurotus Ostreatus)*. Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Surakarta 2017.
 33. Refilda., Rahmiana Zein., Rahmayeni, 2001, *Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Penyerap Sintetik Logam-logam Berat Pada Air Limbah*, Skripsi., Padang: Universitas Andalas.
 34. Riskhi Eka, Saibun Sitorus, 2017. *Pemanfaatan Ampas Tahu Sebagai Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Cod, Nitrit Dan Nitrat Pada Limbah Cair Industri Tahu*. Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Mulawarman.
 35. Rudini, Baktiar, Fitriyono Ayustaningwarno. 2013. *Kadar Protein, Serat, Triptofan Dan Mutu Organoleptik Kudapan Ekstrusi Jagung Dengan Substitusi Kedelai*. Journal of Nutrition College, Volume 2, Nomor 3, Tahun 2013, Halaman 373-381

36. Safrianti I, Wahyuni N, Zaharah T.A. 2012. *Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat : Pengaruh pH dan Waktu Kontak*, JKK, Volume 1 (1): 1-7 Sha, L., XueYi, G., Ningchuan, F., Qing-hua, T., (2010). Effective Removal of Heavy Metals From Aqueous Solution by Orange Peel Xanthate. Transactions of Nonferrous Metals Society of China.Vol 20, 187-191
37. Saptati A.S. Dwi, Daning Kinanti Utama, Andhika Megantara, Bambang Ismuyanto, 2018. *Penyisihan Ion Sulfat Menggunakan Karbon Aktif Dari Jerami Padi Dengan Aktivasi ZnCl₂*. Jurnal Vol 3, No 2 (2018) >Sumata
38. Sejati,2009. *Pengolahan Sampah Terpadu*. Yogyakarta: Kanisius
39. Sembiring,Meilita Tryana, ST., Tuti Sarma Sinaga,ST. 2003, *Arang Aktif (Pengenalan Dan Proses Pembuatannya)*. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara
40. Sembiring, Zipora., Buhani., Suharso., dan Sumadi, 2009, *Isoterm Adsorpsi Ion Pb(II), Cu(II), dan Cd(II) pada Biomassa Nannochloropsis, sp yang Dienkapsulasi Akuagel Silika*. Indo. J. Chem., 9(1): 1-5.
41. Sembodo, B.S.T., 2006, *Model Kinetika Langmuir untuk Adsorpsi Timbal pada Abu Sekam Padi*, Ekuilibrium, 5, 28-33.
42. Setyosari, Punaji. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan*. Jakarta, PT Kharisma Putra Utama
43. Sirajudin, Syahrir,M, Irmawanti,S. 2017. *Optimasi Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Cair Laundry Untuk Menurunkan Kadar Surfaktan Menggunakan Batu Bara*. Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda
44. Shofa, 2012. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia
45. SNI 6989.8.2009.Tentang Air dan air limbah – Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah
46. Sudarwin, 2008. *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb Dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang*, Semarang: UNDIP.
47. Sudrajat, 2006 *Mengelola Sampah Kota*. Jakarta: Penabar Suwadaya.
48. Suharto, B., Susanawati, L. D., & Wilistien, B. I. 2011. *Penurunan KandunganLogam Pb dan Cr Leachate MelaluiFitoremediasi Bambu Air (EquisetumHymale) dan Zeolit*. Agorintek 05(02):133-143.
49. Sukardjo. 2002. *Kimia Fisika*. Jakarta: Rineka Cipta.
50. Sunarno. 2000.*Kinetika Adsorpsi Logam Berat Pb⁺² Dengan Zeolit Teraktifkan*. Program. Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada
51. Sunarya, Asri Ismayati., 2006, *Biosorpsi Cd (II) dan Pb (II) Menggunakan Kulit Jeruk Siam (Citrus reticulata)*. Skripsi., Bogor: Institut Pertanian Bogor
52. Suprapti,Lies. 2005. *Pembuatan Tahu*. Yogyakarta. Penerbit Kanisius
53. Surest H Azhary., Indra Permana, Rio Gunawan Wibisono. 2008. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Biji Ketapang*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
54. Suyoto, Bagong. 2008. *Rumah Tangga Peduli Lingkungan*. Jakarta: Prima Media.
55. Syaughiah Isna, Amalia Mayang, A.Kartini Hetty, 2011. *Analisis Variasi waktu dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif*. Info Teknik.
56. Utomo, H.D., and K.A. Hunter, 2006, *Adsorption of Heavy Metal by Exhausted Coffee Grounds as a Potential Treatment Method for Waste Waters*. e-J. Surf. Sci. Nanotech., (4): 504-506.
57. Widayatno, Tri, Teti Yulawati, Agung Adi Susilo. 2017. *Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif*. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. ISSN 2407-8476 Jurnal Teknologi Bahan Alam Vol. 1 No. 1, April 2017
58. Widyatmoko, Sintorini. 2002. *Menghindari, Mengolah dan Menyingkirkan Sampah*. Jakarta : Abadi Tandur.
59. William L. Jolly, 1984. *ynthesis, characterization, and x-ray molecular structures of mono- and dinuclear copper complexes with 2,7-bis(2-pyridyl)-1,8-naphthyridine*. Contribution from the Departement of Chemistry, University of California, Santa Barbara, California 93106
60. Wulandari, M. dan E. Handarsari. 2010. *Pengaruh Penambahan Bekatul terhadap Kadar Protein dan Sifat Organoleptik Biskuit*. Jurnal Pangan dan Gizi Vol 01 No. 02 Hal: 55-62.
61. Yuldan Faturrahman, Andik Setiawan. 2016. *PerbedaanKadar Besi (Fe)Berdasarkanvariasi Berat Limbahtahu Sebagai Penyerap Logampada Leachate (Lindi)(Studi Tpa Ciangir Kota Tasikmalaya)*. Skripsi,Universitas Siliwangi
62. Yustina, Ita dan Abadi, Farid Rakhmat. 2012. *Potensi tepung Ampas Industri Pengolahan Kedelai Sebagai Bahan Pangan*. Seminar Nasional: Kedaulatan Pangan dan Energi Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura.
63. Yuwono, S. S dan A. A. Zulfiah. 2015. *Formulasi beras analog berbasis tepung moca dan maizena dengan penambahan cmc dan tepung ampas tahu*. Jurnal Pangan dan Agroindustri. 3 (4) : 1465 - 1472.
64. Volesky,B and G. Naja. 2007. *Biosorption technology: starting up an enterprise*. BV-Sorbex, Inc. and Department of Chemical Engineering. Int. J. Technology Transfer and Commercialisation, Vol. 6, Nos. 2/3/4, 2007.
65. Wijaya, Vella Carella & Ita Ulfin. 2015. *Pengaruh pH pada Adsorpsi Ion Cd²⁺ dalam Larutan*

Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (Samanea saman). Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 4, No.2, (2015) 2337-3520 (2301-928X Print).

66. Zulkifli, Hilda, 2009. *Struktur Dan Fungsi Komunitas Makrozoobenthos Di Perairan Sungai Musi Kota Palembang* : Telaah Indikator Pencemaran Air. Skripsi. Universitas Sriwijaya
67. Zulfikli, Arief, 2014. *Pengelolaan Limbah Berkelanjutan*. Yogyakarta:Graha Ilmu