

PENGARUH LARUTAN AKTIVATOR, WAKTU KONTAK DAN PH LARUTAN DALAM PEMBUATAN BIOSORBEN KULIT BUAH AREN (*ARENCA PINNATA*) UNTUK ADSORPSI TIMBAL DALAM LIMBAH CAIR TEKSTIL

Rubiana Sihotang

Universitas Padjadjaran (UNPAD) Bandung Jawa Barat, Indonesia

Email: rubianasihotang8@gmail.com

Abstract

Textile wastewater which generally has a high pollution load can be overcome by the low-cost natural biosorbent. The purpose of this study was to obtain the best activator solvent, contact time and pH of biosorbent from Arenga pinnata shell for removal of lead in textile wastewater and to determine the adsorption isotherm model. Arenga pinnata shell have been used for the removal of Pb (II) ions from textile wastewater in batch experiments with factorial Completely Randomized Design (CRD) method. The results showed that the most effective activator solvent was NaOH, while the optimum contact time was 120 minutes and the optimum pH was 4. The highest Pb (II) uptake is 99,91% with adsorption capacity of 1,5879 mg/g. The lowest end levels of Lead in textile wastewater was 0,06 ppm which these results has met the liquid waste quality standard for industrial activities (1 ppm). Sorption data conformed better in Langmuir isotherm model than freundlich with adsorption capacity of 117,65 mg/g. The results showed that biosorbent of Arenga pinnata shell is effective in removing lead from the textile wastewater.

Keywords: adsorption; biosorbent; arenga pinnata shell; Pb^{2+} ; textile wastewater

Abstrak

Air Limbah tekstil yang memiliki beban pencemaran yang tinggi dapat diolah menggunakan biosorben alami berbiaya rendah. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh larutan aktivator, waktu kontak dan pH larutan yang paling baik dalam pembuatan biosorben dari kulit buah aren untuk adsorpsi logam timbal (Pb) dalam limbah cair tekstil dan menentukan model isotherm adsorpsinya. Kulit buah aren digunakan untuk adsorpsi ion timbal dalam limbah cair tekstil dengan metode RAL pada sistem batch. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan aktivator yang paling efektif adalah NaOH, sedangkan waktu kontak optimum 120 menit dan pH optimum pada pH 4. Persentase adsorpsi timbal (Pb) tertinggi mencapai 99,91% dengan kapasitas adsorpsi 1,5879 mg/g. Kadar akhir timbal terendah dalam air limbah tekstil adalah 0,06 ppm dimana hasil ini telah memenuhi baku mutu limbah cair untuk kegiatan industri. Data adsorpsi timbal lebih sesuai dengan model isotherm Langmuir daripada isotherm Freundlich dengan kapasitas adsorpsi yaitu 117,65 mg/g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biosorben kulit buah aren cukup efektif dalam menghilangkan logam timbal dalam limbah cair tekstil.

Kata Kunci: adsorpsi; biosorben; kulit buah aren; Pb^{2+} ; limbah cair tekstil

How to cite:

Sihotang, Rubiana (2021) Pengaruh larutan aktivator, waktu kontak dan pH larutan dalam pembuatan biosorben kulit buah aren (arenga pinnata) untuk adsorpsi timbal dalam limbah cair tekstil, 3(5). <https://doi.org/10.36418/syntax-idea.v3i5.1209>

E-ISSN:

2684-883X

Published by:

Ridwan Institute

Pendahuluan

Limbah cair yang dihasilkan dari proses industri tekstil umumnya mempunyai beban pencemaran yang cukup tinggi (Komarawidjaja, 2017). Beban pencemaran ini dapat terlihat dari karakteristik limbah cair tekstil secara umum yaitu berwarna dan berbau, pH tinggi, kadar BOD, COD, padatan terlarut dan tersuspensi tinggi serta suhu air limbah tinggi. Pencemaran lingkungan yang tinggi oleh limbah cair tekstil salah satunya disebabkan oleh banyaknya jumlah perusahaan tekstil di Indonesia.

Proses pengolahan produk tekstil yang paling banyak menimbulkan risiko pencemaran adalah proses *finishing* tekstil karena menggunakan bahan kimia dan air bersih sebagai mediumnya. Hanya sebagian kecil zat kimia teradsorpsi dan berikatan dengan bahan tekstil pada proses *finishing* sampai proses selesai dilakukan, sedangkan sisanya berada dalam larutan dan akan terbuang bersama air limbah tekstil (Latifah et al., 2014). Industri tekstil menggunakan pewarna sintetik pada salah satu proses *finishing*nya yaitu pada saat pencelupan atau pencapan. Pada zat warna tekstil terkandung logam berat berbahaya seperti timbal (Pb), arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), tembaga (Cu), seng (Zn) (Komarawidjaja, 2017). Logam berat pada pewarna tekstil berfungsi sebagai gugus fungsi (pembentuk molekul zat warna), atau juga sebagai produk samping (Mutia, 2004).

Logam berat merupakan agen pencemar lingkungan yang sering menyebabkan keracunan pada makhluk hidup karena sifatnya yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan mudah di absorpsi (Darmono, 1995). Timbal merupakan logam yang memiliki tingkat toksisitas yang ekstrem. Timbal sangat berbahaya terutama untuk anak-anak karena dapat mengganggu pertumbuhan otak (WardaliaWidowati, Sastiono, & Jusuf, 2008). Oleh karena itu limbah yang mengandung logam berat perlu dikelola secara benar sebelum di buang ke lingkungan.

Sampel limbah tekstil yang akan digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari salah satu pabrik tekstil yang terletak di daerah Cimahi, Jawa Barat. Hasil analisis karakteristik sampel air limbah tekstil yang digunakan memiliki kandungan timbal 79,46 ppm. Menurut PerMen LH No.3/MENLH/01/2010 baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri hanya boleh mengandung kadar timbal 1 ppm. Apabila kadar timbal dalam limbah industri melebihi baku mutu, maka proses pengolahan limbah perlu dilakukan.

Pengolahan limbah logam berat yang banyak digunakan saat ini dalam penerapannya masih sering kali terbentur dengan kendala operasional dan ekonomis. Pengolahan limbah logam berat melalui adsorpsi arang aktif saat ini dinilai cukup efektif tetapi masih terkendala dengan tingginya harga adsorben arang aktif (Fransiscus, Hendrawati, & Esprianti, 2007). Alternatif lain yang banyak digunakan saat ini adalah metode biosorpsi.

Biosorpsi ialah proses penyerapan suatu zat menggunakan material biologi sebagai penyerapnya dengan memanfaatkan gugus fungsi yang terdapat di dalamnya (Girsang, Kiswandono, Aziz, Chaidir, & Zein, 2015). Keuntungan utama biosorpsi adalah biaya operasional rendah, materialnya lebih mudah diperoleh, proses adsorpsi

pada pH 4 dan 5. Larutan kemudian diaduk dengan *orbital shaker* dengan waktu kontak masing-masing 90 menit dan 120 menit. Larutan kemudian disaring dengan kertas saring. Filtrat yang diperoleh analisis dengan SSA untuk mengetahui konsentrasi akhir timbal yang tersisa pada air limbah tekstil. Selisih konsentrasi adsorbat sebelum dan setelah adsorpsi dianggap sebagai konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi oleh biosorben. Besarnya adsorbat yang teradsorpsi oleh tiap satuan berat adsorben dapat dihitung dari tiap gelas erlenmeyer. Pengujian konsentrasi timbal mengacu pada SNI 06-6989.8-2004 tentang cara uji timbal (Pb) dengan spektrofotometri serapan atom (SSA)-nyala.

Hasil dan Pembahasan

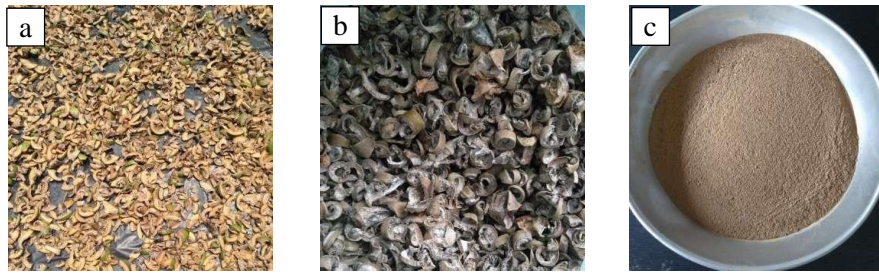
1. Hasil Pengumpulan Bahan dan Preparasi Biosorben Kulit Buah Aren

Buah aren muda sebanyak 3 kg diperoleh dari daerah Cipongkor, Jawa barat sedangkan sampel limbah cair tekstil sebanyak 4 liter diperoleh dari pabrik tekstil yang terletak di daerah Cimahi, Jawa barat. Kulit buah aren yang digunakan adalah yang berasal dari buah aren muda yang masih setengah matang dengan kulit luarnya berwarna hijau, inti biji (endosperm) lunak dan berwarna bening, bentuk bijinya lonjong, kulit bijinya tipis, lunak dan berwarna kuning.



Gambar 1
Buah Aren Setengah Matang

Kulit buah aren yang akan digunakan sebagai bahan baku terlebih dahulu dipisahkan inti bijinya kemudian dicuci dengan air lalu diiris tipis menjadi potongan-potongan yang lebih kecil (gambar 2 (a)). Tahap selanjutnya adalah pengeringan bahan secara alami (*natural drying*) dengan cara menjemur bahan di bawah sinar matahari (*sun drying*) selama 3 hari. Kulit buah aren yang telah dikeringkan dapat dilihat pada gambar 2 (b). Setelah pengeringan berat kulit buah aren mengalami penyusutan sebesar 2,48 kg. Hal ini menunjukkan kadar air kulit buah aren telah menurun. Kulit buah aren digiling menggunakan mesin penggiling dan diayak dengan ayakan 30 mesh dan 40 mesh untuk mendapatkan bubuk kulit buah aren 30 mesh (gambar 2(c)).



Gambar 2

Pengecilan Ukuran Kulit Buah Aren (a) Kulit buah aren yang telah dirajang (b) Kulit buah aren yang telah dikeringkan (c) Bubuk kulit buah aren 30 mesh

2. Hasil Penentuan Susut Pengeringan Biosorben Sebelum Aktivasi

Susut pengeringan dilakukan untuk mengetahui kandungan air dan senyawa-senyawa yang mudah menguap lainnya misalnya minyak atsiri dan sisa pelarut organik yang terdapat dalam biosorben pada proses pengeringan. Metode yang digunakan pada susut pengeringan ini adalah metode gravimetri. Prinsipnya adalah mengeringkan sampel dalam oven pada suhu 105°C sampai berat konstan. Susut pengeringan ini sering diidentikkan dengan kadar air, namun bedanya jika kadar air hanya untuk mengetahui batasan maksimal air dalam ekstrak sedangkan susut pengeringan tidak hanya air, tetapi juga senyawa menguap lain yang hilang.

Persentase susut pengeringan yang diperoleh dari kulit buah aren adalah sebesar 37,77%. Hal ini menunjukkan besarnya kadar air dan senyawa-senyawa yang hilang selama proses pengeringan maksimal adalah 37,77%. Tingginya persentase susut pengeringan kulit buah aren ini disebabkan karena pada proses pengeringan sebelumnya, air dan senyawa-senyawa yang mudah menguap lainnya tidak hilang 100%. Semakin rendah kadar air dan senyawa volatil pada biosorben menunjukkan sedikitnya air yang tertinggal dan menutupi pori biosorben. Semakin besar pori-pori biosorben maka luas permukaannya akan semakin bertambah sehingga adsorbat yang terjerap oleh biosorben saat proses adsorpsi akan semakin banyak (Herlandien, 2013).

3. Hasil Aktivasi Biosorben

aktivasi HCl 5% berubah warna menjadi coklat tua pekat dan biosorben yang teraktivasi NaOH 1N menjadi coklat tua.



Gambar 3
Biosorben Kulit Buah Aren (a) Sebelum aktivasi (b) Teraktivasi HCl 5% (c)
teraktivasi NaOH 1N

4. Proses Adsorpsi Logam Timbal

Konsentrasi awal timbal dalam limbah cair tekstil diukur terlebih dahulu sebelum dilakukan proses adsorpsi logam timbal. Sampel limbah tekstil yang telah dipreparasi dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA) dan diketahui bahwa konsentrasi awal timbal dalam limbah cair tekstil adalah 79,46 ppm.

Proses adsorpsi dilakukan dengan memasukkan 5 gram biosorben teraktivasi ke dalam erlenmeyer yang berisi air limbah tekstil 100 mL. Masing-masing larutan diatur pH-nya pada pH 4 dan 5. Larutan kemudian diaduk dengan *orbital shaker* dengan waktu kontak masing-masing 90 menit dan 120 menit. Larutan kemudian disaring dengan kertas saring. Filtrat yang diperoleh analisis dengan SSA untuk mengetahui konsentrasi akhir timbal yang tersisa pada air limbah tekstil yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1
Konsentrasi Akhir Timbal dalam Limbah Cair Tekstil, Kapasitas Adsorpsi Dan
Efisiensi Adsorpsi Biosorben

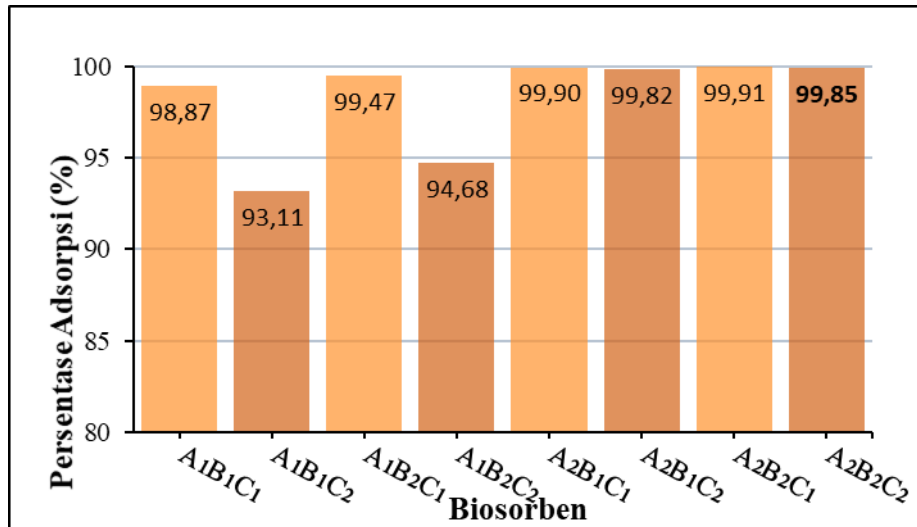
Larutan Aktivator	Waktu Kontak (menit)	pH Larutan	Konsentrasi Awal Timbal (ppm)	Konsentrasi Akhir Timbal (ppm)	Efisiensi Adsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
HCl	90	4	79,4617	0,8987	98,87	1,5713
		5	79,4617	5,4714	93,11	1,4798
	120	4	79,4617	0,4226	99,47	1,5808
		5	79,4617	4,2275	94,68	1,5047
NaOH	90	4	79,4617	0,0821	99,90	1,5876
		5	79,4617	0,1450	99,82	1,5863
	120	4	79,4617	0,0682	99,91	1,5879
		5	79,4617	0,1203	99,85	1,5868

Tabel 1 menunjukkan bahwa biosorben kulit buah aren dapat menurunkan kadar timbal dalam limbah cair tekstil secara signifikan. Hal ini dibuktikan dengan kadar timbal yang tersisa pada limbah cair tekstil yang sangat rendah dan efisiensi adsorpsinya juga sangat tinggi (> 90%). Kapasitas adsorpsi paling tinggi terdapat pada biosorben yang diaktivasi dengan NaOH dengan waktu kontak 120 menit pada pH 4 yaitu sebesar 1,5879 mg/g dengan efisiensi adsorpsi 99,91%. Sedangkan Kapasitas adsorpsi yang paling rendah terdapat pada biosorben yang diaktivasi dengan HCl dengan waktu kontak 90 menit pada pH 5 yaitu sebesar 1,4798 mg/g dengan efisiensi adsorpsi 93,11%.

Data efisiensi adsorpsi logam timbal oleh masing-masing biosorben kulit buah aren dapat dilihat pada gambar 3 Efisiensi adsorpsi optimum dari biosorben kulit

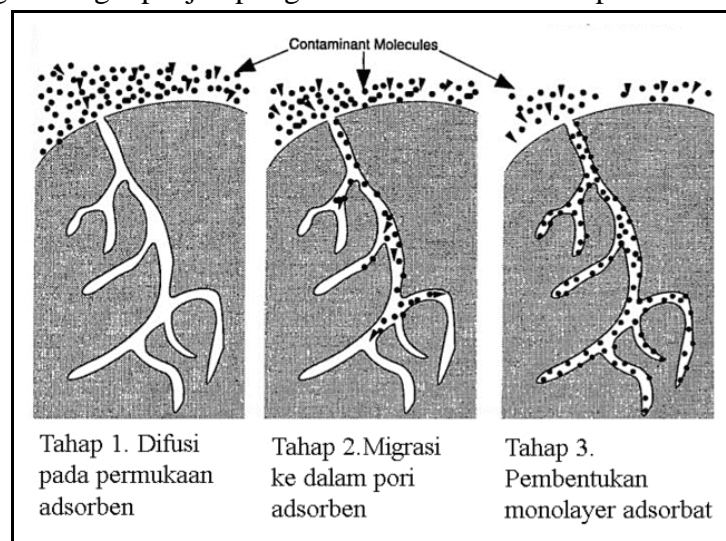
Pengaruh Larutan Aktivator, Waktu Kontak dan pH larutan dalam pembuatan biosorben kulit buah aren (*Arenga Pinnata*)

buah aren yaitu 99,91% yaitu pada biosorben teraktivasi NaOH dengan waktu kontak 120 menit pada pH 4 (A₂B₂C₁).



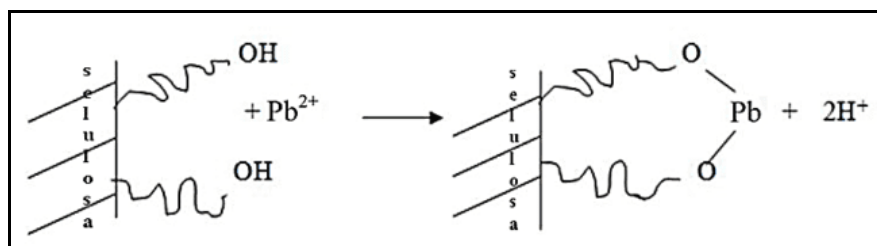
Gambar 4
Efisiensi Adsorpsi Logam Timbal Oleh Biosorben Kulit Buah Aren

Gugus fungsional –OH (hidroksil) dari selulosa yang terdapat pada kulit buah aren berfungsi sebagai penjerap logam berat timbal dalam proses adsorpsi.



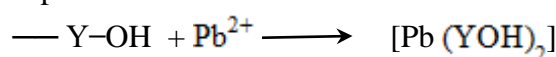
Gambar 5
Ilustrasi Mekanisme Adsorpsi Adsorbat Ke Dalam Pori Adsorben

Pada proses adsorpsi terjadi pengikatan ion Pb^{2+} pada gugus –OH yang terdapat pada biosorben kulit buah aren. Menurut (Amri dkk, 2004) proses adsorpsi ini dapat terjadi melalui mekanisme pertukaran ion sebagai berikut.



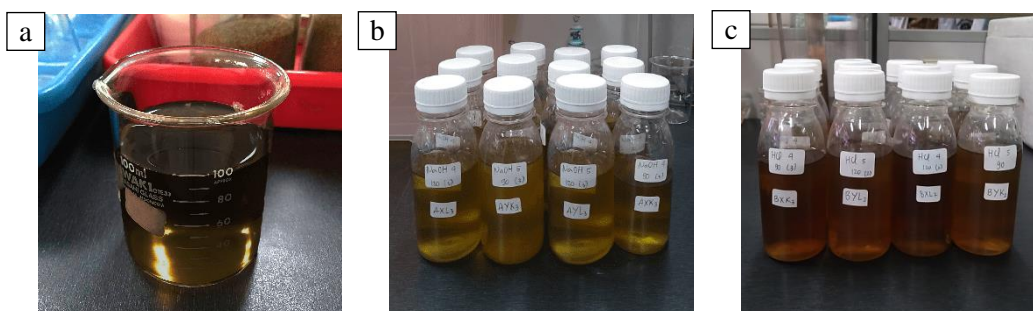
Gambar 6
Mekanisme Adsorpsi Pb^{2+} oleh gugus $-OH$ dalam Selulosa

Interaksi antara gugus $-OH$ dengan ion logam juga dapat terjadi melalui mekanisme pembentukan kompleks koordinasi karena atom oksigen (O) pada gugus $-OH$ mempunyai pasangan elektron bebas, sedangkan ion logam mempunyai orbital d kosong (Nurhayati & Sutrisno, 2013). Pasangan elektron bebas tersebut akan menempati orbital kosong yang dimiliki oleh ion logam sehingga terbentuk suatu senyawa atau ion kompleks.



Setelah dilakukan proses adsorpsi terdapat perubahan warna pada filtrat air limbah tekstil. Perbedaan warna larutan disebabkan oleh perbedaan warna bubuk biosorben yang digunakan pada proses adsorpsi. Bubuk biosorben yang diaktivasi dengan HCl memiliki warna coklat tua yang lebih pekat dibandingkan dengan bubuk biosorben teraktivasi NaOH sehingga air filtrat yang dihasilkan juga menjadi lebih gelap.

Setelah proses adsorpsi warna air limbah tekstil cenderung menjadi lebih terang dikarenakan zat pewarna (pengotor) pada air limbah telah terserap ke dalam biosorben.

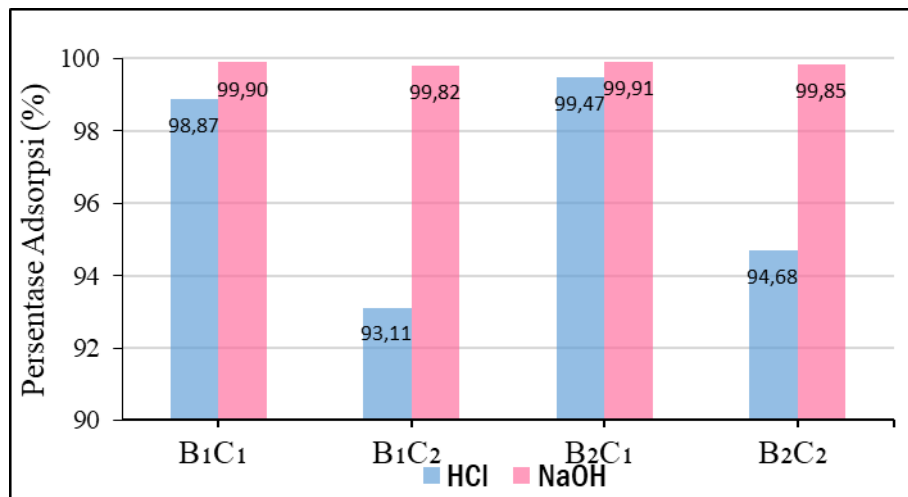


Gambar 7
Air Limbah Tekstil a. Sebelum adsorpsi b. Setelah Adsorpsi oleh biosorben teraktivasi NaOH c. Setelah Adsorpsi oleh biosorben teraktivasi HCl

5. Pengaruh Larutan Aktivator, Waktu Kontak dan pH Larutan Terhadap Persentase Adsorpsi Logam Timbal

Kemampuan adsorpsi timbal oleh biosorben kulit buah aren dapat ditingkatkan melalui aktivasi. Pada penelitian ini dilakukan aktivasi kimia dengan menggunakan larutan aktivator asam klorida (HCl) 5% dan natrium hidroksida (NaOH) 1 N.

Pengaruh Larutan Aktivator, Waktu Kontak dan pH larutan dalam pembuatan biosorben kulit buah aren (*Arenga Pinnata*)

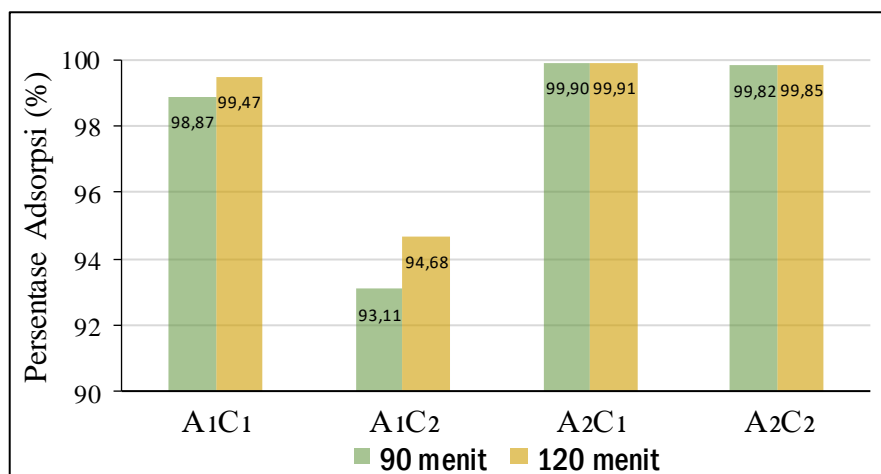


Gambar 8

Pengaruh Larutan Aktivator terhadap Persentase Timbal yang Teradsorpsi

Hasil penelitian pada Gambar 8 menunjukkan bahwa biosorben yang diaktivasi dengan aktivator NaOH memiliki daya serap timbal yang lebih baik dibandingkan dengan aktivator HCl pada berbagai kondisi. Hal ini disebabkan karena aktivator NaOH mampu membersihkan permukaan biosorben lebih baik daripada aktivator HCl sehingga daya serapnya lebih tinggi. Hal tersebut dibuktikan pada penelitian yang dilakukan (Sarah et al., 2016) yang menunjukkan bahwa aktivator NaOH (basa) memiliki peningkatan kemampuan adsorpsi Pb^{2+} yang lebih tinggi, jika dibandingkan dengan aktivator HCl (asam). Hal ini disebabkan karena HCl hanya dapat menghilangkan mineral-mineral asam serta pengotor yang menempel pada adsorben. Sedangkan NaOH dapat melarutkan lebih banyak senyawa-senyawa yang dapat menghambat pada proses adsorpsi. (Zaini, 2017) mengatakan bahwa adsorben kulit kacang tanah yang paling baik menurunkan kadar timbal dalam limbah kimia adalah yang diaktivasi dengan NaOH dengan persentase adsorpsi mencapai 96,57%.

Penentuan waktu kontak adsorpsi dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan biosorben kulit buah aren dalam mengadsorpsi ion logam timbal secara maksimal.



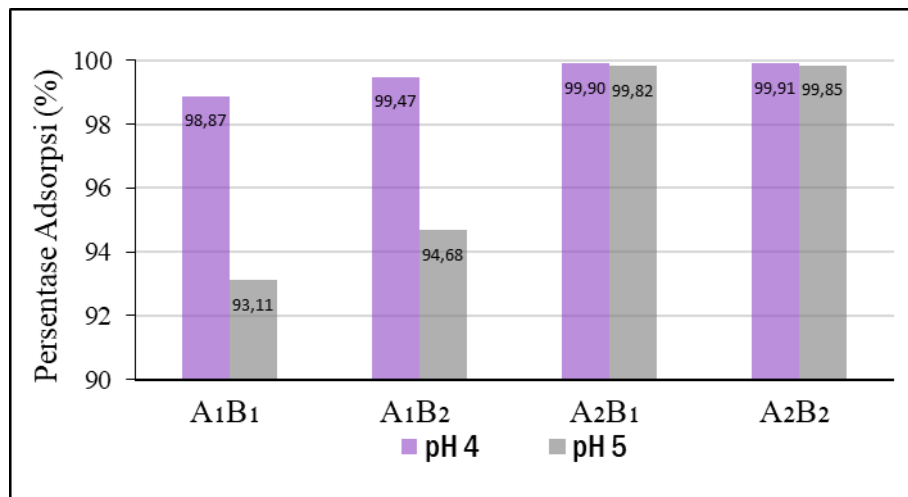
Gambar 9

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Persentase Timbal yang Teradsorpsi

Gambar 9 menunjukkan bahwa jumlah timbal yang teradsorpsi pada waktu kontak 120 menit lebih tinggi dibandingkan dengan waktu kontak 90 menit. Hal ini disebabkan karena pada waktu kontak 90 menit gugus fungsi hidroksil (-OH) belum semuanya berikatan dengan ion Pb^{2+} sehingga jumlah ion Pb^{2+} yang teradsorpsi oleh pori-pori biosorben belum maksimal. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak kesempatan ion Pb^{2+} untuk bersinggungan dengan partikel biosorben dan terikat di dalam pori-pori biosorben (Nurhayati & Zikri, 2020).

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa waktu kontak optimum biosorben kulit buah aren dalam mengadsorpsi ion Pb^{2+} adalah 120 menit. Hasil percobaan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Nazaruddin et al., 2014) yang menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi Zn oleh biosorben kulit buah aren yang tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit. Pada penelitian (Suarsa, 2015) juga menunjukkan bahwa waktu optimum penyerapan timbal oleh lempung alam, yaitu 120 menit dimana setelah melewati 120 menit daya serapnya menjadi menurun.

Derajat keasaman atau pH sangat mempengaruhi proses adsorpsi karena dapat mempengaruhi kelarutan ion logam dan juga muatan pada permukaan adsorben (Rustandi, 2020). Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui pH interaksi dimana adsorben menyerap ion logam secara maksimal.



Gambar 10

Pengaruh pH Larutan Terhadap Persentase Timbal Yang Teradsorpsi

Gambar 10 menunjukkan bahwa kondisi pH optimum biosorben kulit buah aren dicapai pada pH 4. Hal ini disebabkan karena pada pH 4 kompetisi antara ion H^+ dengan ion Pb^{2+} menjadi berkurang, sehingga semakin banyak logam yang dapat teradsorpsi. Peningkatan persentase adsorpsi pada pH 4 juga dikarenakan gugus fungsi biosorben mengalami deprotonasi menjadi bermuatan negatif sehingga lebih mudah untuk mengikat timbal(II), sedangkan persentase adsorpsi pada pH 5 mengalami sedikit penurunan karena telah terjadi pengendapan, hal tersebut terjadi karena Pb^{2+} membentuk $Pb(OH)_2$ yang sulit teradsorpsi oleh gugus hidroksil pada biosorben (Rosyida, Purwonugroho, & Tjahjanto, 2014). Menurut (Sulistyawati, 2008) bahwa pH tinggi dapat menyebabkan reaksi antara ion Pb^{2+} dan $-OH$, sehingga membentuk endapan $Pb(OH)_2$. Endapan ini dapat menghalangi proses adsorpsi yang berlangsung. Penelitian yang dilakukan oleh (Safrianti et al., 2012) juga menyimpulkan bahwa adsorpsi optimum logam timbal oleh adsorben jerami padi terjadi pada pH 4. Menurut (Prananto et al, 2013) dalam penelitiannya juga menunjukkan bahwa adsorpsi ion Pb^{2+} oleh biomassa kitin secara maksimal diperoleh pada pH 4 sebesar 86,45%.

6. Analisis Data Secara Statistik

Data konsentrasi akhir timbal dalam limbah tekstil pada penelitian ini dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) tiga jalur untuk mengetahui adanya pengaruh larutan aktivator, waktu kontak dan pH larutan terhadap kadar akhir timbal dalam limbah tekstil. Analisis Anova dilakukan menggunakan *software* SPSS versi 25 dengan kadar akhir timbal sebagai variabel terikat (*dependent variable*) sedangkan larutan aktivator, waktu kontak dan pH larutan sebagai variabel bebas (*independent variable*).

Tabel 2
Hasil Uji Anova Pengaruh Larutan Aktivator, Waktu Kontak dan pH Larutan Terhadap Kadar Akhir Timbal Dalam Limbah Tekstil Menggunakan SPSS

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	97.483 ^a	7	13.926	71.815	.000
Intercept	49.042	1	49.042	252.900	.000
Larutan Aktivator (A)	42.173	1	42.173	217.478	.000
Waktu Kontak (B)	1.160	1	1.160	5.981	.026
pH Larutan (C)	27.046	1	27.046	139.473	.000
Larutan Aktivator * Waktu Kontak (A*B)	1.060	1	1.060	5.467	.033
Larutan Aktivator * pH Larutan (A*C)	25.602	1	25.602	132.025	.000
Waktu Kontak * pH Larutan (B*C)	.227	1	.227	1.172	.295
Larutan Aktivator * Waktu Kontak * pH Larutan (A*B*C)	.215	1	.215	1.108	.308
Error	3.103	16	.194		
Total	149.627	24			
Corrected Total	100.585	23			

a. R Squared = .969 (Adjusted R Squared = .956)

Perlakuan yang berpengaruh signifikan (berbeda nyata) ditunjukkan dengan nilai signifikansi $\leq 0,05$ atau 5% (Candiasa, 2004). Hasil uji Anova menunjukkan bahwa variasi larutan aktivator, waktu kontak dan pH larutan memberikan nilai signifikansi $\leq 0,05$ (0,000; 0,026; 0,000 $\leq 0,05$) yang menunjukkan bahwa ketiga perlakuan tersebut berbeda nyata atau memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas adsorpsi timbal. Interaksi perlakuan antara larutan aktivator dan waktu kontak; larutan aktivator dan pH larutan juga memberikan pengaruh yang signifikan (0,033; 0,000 $\leq 0,05$) sedangkan interaksi perlakuan antara waktu kontak dan pH larutan tidak memberikan pengaruh yang signifikan (0,295 $> 0,05$). Berdasarkan uji statistik tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi larutan aktivator, waktu kontak dan pH larutan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas adsorpsi timbal.

7. Pola Isoterm Adsorpsi Biosorben Kulit Buah Aren Terhadap Larutan Timbal

Penentuan pola isoterm adsorpsi dilakukan dengan pembuatan larutan timbal dalam berbagai konsentrasi yaitu konsentrasi 10, 25, 50, 75 dan 100 ppm sebanyak 100 mL. Masing-masing larutan tersebut ditambahkan dengan biosorben kulit buah aren sebanyak 5 gram. Larutan diatur pH-nya pada pH 4 kemudian diaduk dengan *orbital shaker* selama 120 menit. Larutan kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh dianalisis dengan SSA. Hasil pengukuran konsentrasi awal dan akhir timbal digunakan untuk menghitung kapasitas adsorpsinya. Data hasil adsorpsi dari

Pengaruh Larutan Aktivator, Waktu Kontak dan pH larutan dalam pembuatan biosorben kulit buah aren (*Arenga Pinnata*)

variasi konsentrasi ini digunakan untuk perhitungan isoterm adsorpsi dari biosorben kulit buah aren dalam proses adsorpsi ion timbal.

Tabel 3
Perhitungan Isoterm Adsorpsi Langmuir Dari Biosorben Kulit Buah Aren Terhadap Ion Timbal

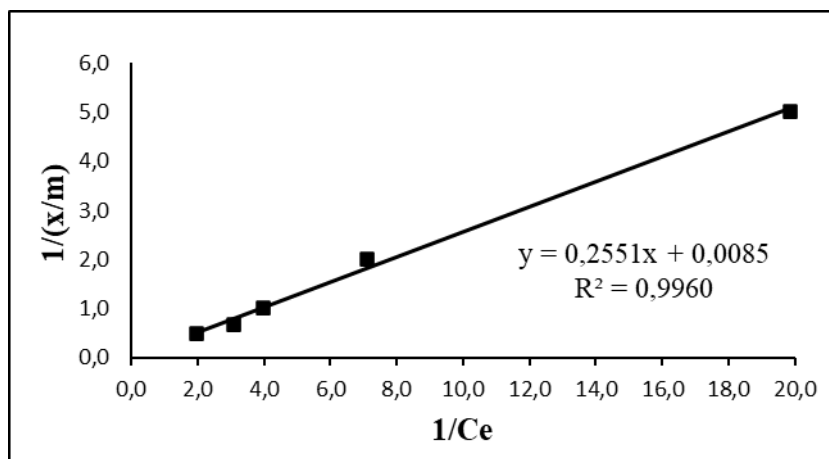
Konsentrasi awal (Co)	Konsentrasi akhir (Ce)	Kapasitas adsorpsi (x/m)	1/Ce	1/(x/m)
10	0,0504	0,1990	19,8413	5,0253
25	0,1409	0,4972	7,0972	2,0113
50	0,2521	0,9950	3,9667	1,0051
75	0,3228	1,4935	3,0979	0,6695
100	0,5141	1,9897	1,9451	0,5026

Tabel 4
Perhitungan Isoterm Adsorpsi Freundlich Dari Biosorben Kulit Buah Aren Terhadap Ion Timbal

Konsentrasi awal (Co)	Konsentrasi akhir (Ce)	Kapasitas adsorpsi (x/m)	ln Ce	ln (x/m)
10	0,0504	0,1990	-2,9878	-1,6145
25	0,1409	0,4972	-1,9597	-0,6988
50	0,2521	0,9950	-1,3779	-0,0051
75	0,3228	1,4935	-1,1307	0,4012
100	0,5141	1,9897	-0,6653	0,6880

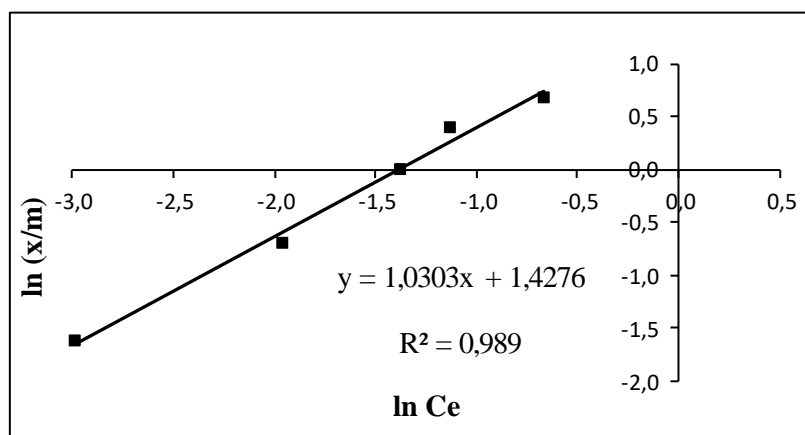
Tujuan perhitungan isoterm adsorpsi menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir atau Freundlich adalah untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan yang dapat digunakan untuk mengetahui mengetahui kapasitas adsorpsi maksimum dari biosorben kulit buah aren dalam mengadsorpsi ion timbal. Penentuan model isoterm adsorpsi juga digunakan untuk mengetahui bagaimana distribusi molekul antara fase cair (adsorbat) dan fase padat (adsorben) saat proses adsorpsi serta mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi dan ikatan yang terjadi antara adsorben dan adsorbat.

Perhitungan isoterm Langmuir dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara satu per konsentrasi adsorbat dalam keadaan seimbang (1/Ce) dengan satu per kapasitas adsorpsi (1/(x/m)), sehingga diperoleh grafik isoterm Langmuir yang terdapat pada gambar 12 Pada grafik isoterm Langmuir dihasilkan persamaan garis $y = 0,2551x + 0,0085$ dengan nilai R^2 (koefisien determinasi) sebesar 0,9960.



Gambar 11
Kurva Isoterm Adsorpsi Langmuir

Perhitungan isoterm Freundlich dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara \ln konsentrasi adsorbat dalam keadaan setimbang ($\ln C_e$) dengan \ln kapasitas adsorpsi ($\ln (x/m)$), sehingga diperoleh grafik isoterm Freundlich yang terdapat pada gambar 11. Pada grafik isoterm Freundlich dihasilkan persamaan garis $y = 1,0303x + 1,4276$ dengan nilai R^2 (koefisien determinasi) sebesar 0,9897.



Gambar 12
Kurva Isoterm Adsorpsi Freundlich

Persamaan garis yang diperoleh pada gambar 12 dan 13 diinterpretasikan pada masing-masing persamaan, sehingga diperoleh parameter isoterm yang terdapat pada tabel berikut. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 10.

Tabel 5
Parameter Isoterm Adsorpsi

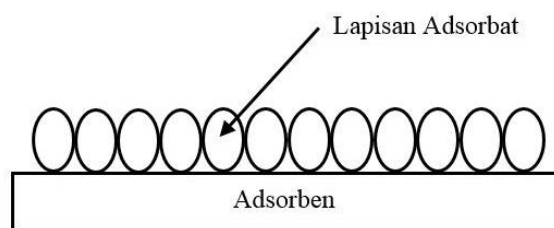
Parameter	Isoterm Langmuir	Isoterm Freundlich
q_m	117,6471	-
b	0,0333	-
n	-	0,9583
K	-	5,0088
R^2	0,9960	0,9897

Pengaruh Larutan Aktivator, Waktu Kontak dan pH larutan dalam pembuatan biosorben kulit buah aren (*Arenga Pinnata*)

Pada persamaan Langmuir diketahui bahwa kapasitas adsorpsi maksimum dari biosorben kulit buah aren dalam mengadsorpsi ion Pb^{2+} ditunjukkan oleh nilai q_m yaitu sebesar 117,6471 mg/g. Kekuatan interaksi antara ion Pb^{2+} dengan biosorben kulit buah aren ditunjukkan dengan nilai b yaitu sebesar 0,0333 (L/mg). Nilai konstanta Langmuir (b) yang positif menunjukkan kesesuaian proses adsorpsi dengan model isoterm Langmuir. Nilai konstanta Langmuir yang negatif menunjukkan bahwa proses adsorpsi tidak sesuai dengan pola isoterm Langmuir (Alshabanat, Alsenani, & Almufarij, 2013).

Pada persamaan Freundlich diketahui bahwa kapasitas adsorpsi maksimum dari biosorben kulit buah aren dalam mengadsorpsi ion Pb^{2+} ditunjukkan oleh nilai K yaitu sebesar 5,0088 mg/g. Sedangkan intensitas adsorpsi ditunjukkan oleh nilai n yaitu sebesar 0,9583. Menurut (Handayani et al., 2009) nilai n menunjukkan karakteristik proses adsorpsi. Kesesuaian sangat baik apabila nilainya 2-10, cukup apabila nilainya 1-2 dan buruk apabila nilainya <1 . Nilai n yang diperoleh pada penelitian ini adalah 0,9583 (<1) yang mengindikasikan bahwa proses adsorpsinya sangat sulit terjadi dan tidak layak untuk diaplikasikan sehingga dapat dikatakan bahwa pola adsorpsinya tidak sesuai dengan pola isoterm Freundlich.

Pengujian isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dibuktikan dengan grafik linierisasi yang baik dan mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) ≥ 0.9 (mendekati angka 1). Dari kurva isoterm adsorpsi terlihat bahwa proses adsorpsi ion timbal oleh biosorben kulit buah aren lebih signifikan mengikuti isoterm adsorpsi Langmuir karena nilai R^2 nya paling mendekati angka satu yaitu 0,9960 dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 117,6471 mg/g. Hal yang sama juga diperoleh (Nazaruddin et al., 2014) pada adsorpsi ion Cr, Cd dan Zn oleh biosorben kulit buah aren dimana pola adsorpsinya mengikuti isoterm adsorpsi Langmuir. Pada penelitian (Wardalia, 2016) juga menyimpulkan bahwa adsorpsi ion Pb^{2+} oleh adsorben sekam padi mengikuti persamaan isoterm Langmuir.



Gambar 13
Ilustrasi Isoterm Adsorpsi Langmuir
(Sumber: Handayani et al., 2009)

Isoterm adsorpsi Langmuir merupakan proses adsorpsi yang berlangsung secara kemisorpsi satu lapisan. Lapisan yang terbentuk pada proses adsorpsi adalah lapisan monolayer yang ikatan adsorben dengan adsorbatnya cukup kuat karena terbentuknya suatu ikatan kimia. Adsorben mempunyai permukaan yang homogen karena setiap situs aktif adsorben hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat.

Hal ini terjadi karena masing-masing situs aktif adsorben mempunyai energi yang sama (Rahmadini, 2016).

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan Adapun beberapa hal yang didapati: *pertama*, Larutan aktivator pada biosorben kulit buah aren yang paling efektif menurunkan kadar timbal pada limbah cair tekstil adalah NaOH sedangkan waktu kontak optimum yaitu 120 menit dan pH optimum pada pH 4. *Kedua*, Persentase adsorpsi timbal (Pb) oleh biosorben kulit buah aren dalam limbah cair tekstil dengan konsentrasi awal timbal 79,46 ppm yaitu 99,91% dan kapasitas adsorpsi 1,5879 mg/g. *Ketiga*, Model isoterm adsorpsi ion timbal Pb^{2+} oleh biosorben kulit buah aren dalam limbah cair tekstil mengikuti model isoterm Langmuir yaitu berlangsung secara kemisorpsi satu lapisan dengan kapasitas adsorpsi maksimum (q_m) 117,65 mg/g. *Keempat*, Kadar akhir timbal terendah dalam air limbah tekstil adalah 0,06 ppm dimana hasil ini telah memenuhi baku mutu limbah cair untuk kegiatan industri. *Kelima*, Berdasarkan uji ANOVA ($\alpha = 0,05$) diketahui bahwa larutan aktivator, waktu kontak dan pH larutan berpengaruh signifikan terhadap adsorpsi timbal oleh biosorben kulit buah aren dalam limbah cair tekstil.

BIBLIOGRAFI

- Afrizal, Afrizal, & Purwanto, Agung. (2011). Pemanfaatan Selulosa Bakterial Nata De Coco Sebagai Adsorban Logam Cu(Ii) Dalam Sistem Berpelarut Air. *Jrskt - Jurnal Riset Sains Dan Kimia Terapan*. [Google Scholar](#)
- Alshabanat, Mashaël, Alsenani, Ghadah, & Almufarij, Rasmiah. (2013). Removal of crystal violet dye from aqueous solutions onto date palm fiber by adsorption technique. *Journal of Chemistry*. [Google Scholar](#)
- Amri, Amun, Supranto, & Fahrurozi, M. (2004). Kesetimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd (II) dan Cr (III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia*. [Google Scholar](#)
- Candiasa, I. M. (2004). *Statistik Multivariat Disertai Aplikasi dengan SPSS*. Singaraja: IKIP Negeri Singaraja. [Google Scholar](#)
- Darmono. (1995). *Logam Dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup*. Jakarta: UI- Press.
- Fransiscus, Yunus, Hendrawati, Lina, & Esprianti, Agatha. (2007). Proses Biosorpsi Cu Dan Phenol Dalam Kondisi Tunggal Maupun Simultan Dengan Menggunakan Lumpur Aktif Kering. *Jurnal Purifikasi*, 8(1), 67–72. [Google Scholar](#)
- Girsang, Ermi, Kiswandono, Agung Abadi, Aziz, Hermansyah, Chaidir, Zulkarnain, & Zein, Rahmiana. (2015). Serbuk Biji Salak (Salacca Zalacca) Sebagai Biosorben Dalam Memperbaiki Kualitas Minyak Goreng Bekas. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS) 2015*. [Google Scholar](#)

Pengaruh Larutan Aktivator, Waktu Kontak dan pH larutan dalam pembuatan biosorben kulit buah aren (*Arenga Pinnata*)

- Handayani, Murni, & Eko Sulistiyono, Dan. (2009). Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit. *Peningkatan Peran Iptek Nuklir Untuk Kesejahteraan Masyarakat*. [Google Scholar](#)
- Herlandien, Yola Lyliana. (2013). Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Absorban Logam Berat Dalam Air Lindi Di Tpa Pakusari Jember. *Universitas Jember*. [Google Scholar](#)
- Herwanto, Bimbing, & Santoso, Eko. (2006). Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Pada Membran Selulosa-Khitosan Terikat Silang. *Akta Kimindo*, 2(1), 9–24. [Google Scholar](#)
- Ibbet, R. N., Kaenthong, S., Philips, D. A. S., & Wilding, M. A. (2006). Charaterisation of Porosity of Regenerated Cellulosil Fibres Using Classical Dye Adsorbition Techniques. *Lenzinger Berichte*, 88, 77–86. [Google Scholar](#)
- Kartika, Ganis Fia, Itnawita, Itnawita, Hanifah, T. Abu, Anita, Sofia, Dewi, Nur Oktri Mulya, & Absus, Suharsimi. (2017). Pengaruh Aktivator Terhadap Kemampuan Bubuk Biji Alpukat (*Persea americana* Mill) dalam Menjerap Ion Timbal (II). *Chimica et Natura Acta*. [Google Scholar](#)
- Komarawidjaja, Wage. (2017). Paparan Limbah Cair Industri Mengandung Logam Berat pada Lahan Sawah di Desa Jelegong, Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. [Google Scholar](#)
- Kusumawardani, Riska, Anita Zaharah, Titin, & Destiarti, Lia. (2018). Adsorpsi Kadmium(Ii) Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. [Google Scholar](#)
- Latifah, Rais Nur, Ernia, Roro, Lisdiana, Anisya, Yulianto, Erick Rian, Asrilya, Nur Jannah, Rosalia, Ayuni Dita, Mustofa, Rosid Eka, & Pramono, Edi. (2014). Pemanfaatan α – Keratin Bulu Ayam Sebagai Adsorben Ion Timbal (Pb). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*. [Google Scholar](#)
- Lukman, Muchammad Ali. (2008). *Penyisihan Ion Logam Krom Dari Air Limbah Melalui Proses Biosorpsi Menggunakan Kulit Batang Tanaman Jambu Klutuk (*Psidium Guajava*) Sebagai Biosorben*. Skripsi. [Google Scholar](#)
- Mirandha, Abrar. (2016). *Efektivitas Limbah Media Tumbuh Jamur (Baglog) dengan Enkapsulasi Alginate Gel dalam Mengadsorpsi Ion Logam Kadmium*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia. [Google Scholar](#)
- Mutia, Theresia. (2004). Polutan Dalam Zat Warna Tekstil Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Arena Tekstil*, 19(1), 1–37. [Google Scholar](#)
- Nazaruddin, Nazris, Arrisujaya, Dian, Hidayat, Zein, Rahmiana, Munaf, Edison, & Jin, Jiye. (2014). Batch method for the removal of toxic metal from water using sugar palm fruit (*Arenga pinnata* Merr) shell. *Research Journal of Pharmaceutical*,

Biological and Chemical Sciences. [Google Scholar](#)

- Nurhayati, Indah, & Sutrisno, Joko. (2013). Limbah Ampas Tebu Sebagai Penyerap Logam Berat Pb. *Prosiding.Seminar Nasional Universitas PGRI Adi Buana Surabaya*, 59–70. [Google Scholar](#)
- Nurhayati, & Zikri. (2020). Efektifitas Karbon Aktif Cangkang Buah Kluwek (*Pangium Edule*) Dan Cangkang Biji Kopi (*Coffea Arabica L*) Terhadap Daya Serap Gas Co Dan Partikel Pb Dari Emisi Kendaraan Bermotor. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 5(1). [Google Scholar](#)
- Prananto, Yuniar Ponco, Darjito, Darjito, & Wijayanto, Yogi Rifki. (2013). Pengaruh Ph Dan Waktu Kontak Pada Adsorpsi Pb(Ii) Menggunakan Adsorben Kitin Terfosforilasi Dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina fulica*). *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*. [Google Scholar](#)
- Rahmadini, Tiara. (2016). *Modifikasi Kulit Salak Sebagai Adsorben Ion Tembaga (II). Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta. [Google Scholar](#)
- Ramadhani, Putri, Zein, Rahmiana, Chaidir, Zulkarnain, Zilfa, & Hevira, Linda. (2019). Pemanfaatan Limbah Padat Pertanian Dan Perikanan Sebagai Biosorben Untuk Penyerap Berbagai Zat Warna: Suatu Tinjauan. *Jurnal Zarah*. [Google Scholar](#)
- Rosyida, Firdania Firdaus, Purwonugroho, Danar, & Tjahjanto, Rachmat Triandi. (2014). Adsorpsi Timbal(II) Menggunakan Biomassa *Azolla Microphylla* Diesterifikasi Dengan Asam Sitrat. *Kimia Student Journal*, 2(2), 541–547. [Google Scholar](#)
- Rustandi, Rustam. (2020). *Pemanfaatan Arang Aktif Dari Cangkang Kluwek (Pangium Edule) Dengan Aktivasi Terbaik Serap Krom Dari Naoh Dan Hcl Berdasarkan Uji Kadar Air, Kadar Abu Dan Kadar Iod*. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Satya Negara Indonesia.
- Safrianti, Iin, Wahyuni, Nelly, & Zaharah, Titin Anita. (2012). Adsorpsi Timbal (II) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh Ph Dan Waktu Kontak. *JKK*, 1(1), 1–7. [Google Scholar](#)
- Sarah, Faucut, Khaldun, Ibnu, & Nazar, Muhammad. (2016). Uji Daya Serap Serbuk Gergaji Kayu Merbau (*Intsia sp*) Terhadap Logam Timbal(II). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia (JIMK)*, 1(4), 105–114. [Google Scholar](#)
- Sembiring, Meilita Tryana, & Sinaga, Tuti Sarma. (2003). Arang aktif (pengenalan dan proses pembuatannya). *USU Digital Library*.
- Suarsa, I. Wayan. (2015). *Kinetika Adsorpsi Timbal (Pb) Pada Berbagai Absorban*. Bali: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Udayana.
- Sulistiyawati, Sari. (2008). *Modifikasi Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Berat*

Pengaruh Larutan Aktivator, Waktu Kontak dan pH larutan dalam pembuatan biosorben kulit buah aren (*Arenga Pinnata*)

Pb(II). *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. [Google Scholar](#)

Wardalia. (2016). Karakterisasi Pembuatan Adsorben Dari Sekam Padi Sebagai Pengadsorp Logam Timbal Pada Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*. [Google Scholar](#)

Widowati, Wahyu, Sastiono, Astiana, & Jusuf, Raymond. (2008). Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. *Penerbit Andi*. Yogyakarta. [Google Scholar](#)

Zaini, Halim. (2017). Penyisihan Pb(II) Dalam Air Limbah Laboratorium Kimia Sistem Kolom Dengan Bioadsorben Kulit Kacang Tanah. *ETHOS (Jurnal Penelitian Dan Pengabdian)*. [Google Scholar](#)

Zein, Rahmiana, Astuti, Ayu Widya, Wahyuni, Dilla, Firda Furqani, Khoiriah, & Munaf, Edison. (2015). Removal of methyl red from aqueous solution by *Nepthelium lappaceum*. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. [Google Scholar](#)

Copyright holder:

Rubiana Sihotang (2021)

First publication right:

Journal Syntax Idea

This article is licensed under:

