

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/316463237>

PEMANFAATAN SERBUK GERGAJI KAYU JATI (*Tectona Grandis* L.f.) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb)

Article · October 2015

CITATIONS

2

READS

2,871

3 authors, including:



Muhammad Rudy Harni

Universitas Pakuan

1 PUBLICATION 2 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ani Iryani

Universitas Pakuan

21 PUBLICATIONS 143 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Photocatalyst [View project](#)



Converte Hydrophilic to Hydrophobic materials [View project](#)

PEMANFAATAN SERBUK GERGAJI KAYU JATI (*Tectona Grandis* L.f.) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb)

Muhammad Rudy Harni^{1*}, Ani Iryani¹, Hilman Affandi¹

¹Program Studi Kimia, FMIPA Universitas Pakuan, Jl. Pakuan PB 452, Bogor, Jawa Barat 16143

*Rudyharni10@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan serbuk gergaji kayu yang digunakan sebagai adsorben logam timbal (Pb) yang menggunakan berbagai perlakuan tanpa aktivasi (Kontrol dan Delignifikasi) dan teraktivasi (Esterifikasi, Formaldehida dan Piridin). Penelitian bertujuan menentukan efektifitas serbuk gergaji kayu jati dalam menyerap logam timbal dengan beberapa variasi konsentrasi (2, 3, 4 & 5 ppm) dan variasi waktu kontak (30, 40, 50 & 60 menit). semua perlakuan dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi. Konsentrasi optimum pada tanpa aktivasi kontrol, delignifikasi dan yang diaktivasi esterifikasi (Asam asetat), formaldehida dan piridin menunjukkan konsentrasi optimumnya adalah 3 ppm dengan hasil yang didapatkan yaitu 0,1501 mg/g, 0,13781 mg/g, 0,14645 mg/g, 0,1585 mg/g dan 0,14042 mg/g. Tetapi pada aktivasi esterifikasi (EDTA) optimumnya adalah 5 ppm dengan hasil yang didapatkan yaitu 0,17498 mg/g. Waktu kontak optimum pada semua perlakuan yaitu pada waktu 60 menit dengan kapasitas adsorpsi pada kontrol 0,16080 mg/g, delignifikasi 0,24006 mg/g, esterifikasi (asam asetat) 0,27168 mg/g, esterifikasi (EDTA) 0,29646 mg/g, formaldehida 0,29450 mg/g dan piridin 0,28569 mg/g. Dari semua perlakuan aktivasi esterifikasi (EDTA) memiliki kapasitas adsorpsi yang tertinggi.

Kata kunci: Serbuk Kayu Jati, Logam Timbal (Pb), Delignifikasi, Esterifikasi, Formaldehida, Piridin, Spektrofotometer Serapan Atom.

1. PENDAHULUAN

Selulosa merupakan biopolimer yang melimpah di alam. Senyawa ini berperan penting sebagai bahan baku di berbagai jenis industri. Selulosa dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan kertas, bahan baku tekstil, bahan makanan dan bahan peralatan medis. Secara alami selulosa diproduksi oleh tumbuhan dan diperindustrikan *furniture* atau mabel kayu menjadi bahan baku dari bahan utama pembuatan *furniture* dan menghasilkan sisa-sisa serbuk gergaji kayu jati yang tidak termanfaatkan dengan baik.

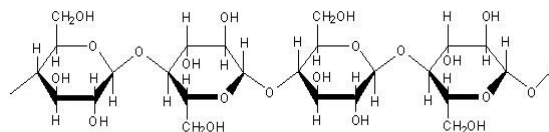
Serbuk gergaji mengandung komponen utama selulosa, lignin dan zat ekstraktif kayu. Serbuk kayu merupakan bahan berpori sehingga air mudah terserap dan mengisi pori-pori tersebut. Sifat serbuk gergaji yang higroskopik atau mudah menyerap air (Wardono, 2006). Pada penelitian ini yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu jati yang dimana sisa-sisa serbuk gergaji kayu jati dan yang menumpuk di pengrajin *furniture* menjadikan pemandangan tidak nyaman. Hal ini juga memunculkan berbagai alternatif yang dapat menjawab masalah tersebut dengan membuat limbah serbuk gergaji kayu jati sebagai bahan penyerap logam berat.

Penelitian ini menggunakan serbuk gergaji kayu jati karena terdapat selulosa umumnya yang mengandung gugus fungsional COOH dan -OH dimana interaksi logam dengan gugus fungsional yang ada dipermukaan adsorben sehingga dapat digunakan sebagai media penyerap logam berat

setelah selulosa teraktivasi. Dalam penyerapan logam berat dilakukan pengaktifasian limbah kayu jati dengan beberapa metode aktivasi, yaitu esterifikasi, formaldehida dan piridin. Metode aktivasi ini dapat meningkatkan adsorpsi logam berat dalam penelitian ini.

Penelitian yang akan dilakukan adalah penyerapan logam berat (Pb). Logam berat merupakan bahan pencemar berbahaya karena bersifat toksik dan mempengaruhi berbagai aspek biologi dan ekologi. Pada logam berat ini ditambahkan limbah yang telah diaktifasi dan hasilnya dianalisis dengan SSA (Spektroskopi Serapan Atom) pada konsentrasi 2, 3, 4 dan 5 ppm, dengan perlakuan tersebut diharapkan serbuk gergaji kayu jati dapat menyerap logam berat dengan baik.

Selulosa merupakan konstituen utama dari dinding sel tumbuh-tumbuhan dan rata-rata menduduki sekitar 50 % dalam kayu tertentu. Ia merupakan senyawa organik yang paling melimpah di atas bumi (stevens, 2001). Adapun struktur dari selulosa adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Struktur Kimia Selulosa (Lehninger, 1982)

pada bahan bakar bensin telah mengalami penurunan karena menimbulkan dampak terhadap lingkungan.

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya.

Metode adsorpsi umumnya berdasarkan interaksi ion logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan adsorben melalui pembentukan kompleks dan biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya gugus fungsionalnya seperti -OH, -NH, -SH dan -COOH (Stum *et al.*, 1996).

Berdasarkan daya tarik molekul adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibedakan menjadi dua, yaitu:

a. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi yang disebabkan oleh gaya Van Der Waal yang ada pada permukaan adsorben, adsorpsi fisika terjadi secara spontan. Penyerapan cenderung menempati seluruh permukaan adsorben.

b. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi yang terjadi karena adanya reaksi antara zat yang diserap dengan adsorben, molekul serap yang terikat adsorben dengan ikatan kimia yang kuat sehingga tidak dapat bergerak di permukaan.

faktor-faktor yang mempengaruhi dari proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

a. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan menurunnya ukuran partikel.

b. Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter adsorben maka semakin luas permukaannya. Kapasitas adsorpsi total dari suatu adsorbat tergantung pada luas permukaan total adsorbennya.

c. Kelarutan Adsorbat

Agar adsorpsi dapat terjadi, suatu molekul harus terpisah dari larutan. Senyawa yang mudah larut mempunyai afinitas yang kuat untuk larutannya dan karenanya lebih sukar untuk teradsorpsi dibandingkan senyawa yang sukar larut. Akan tetapi ada pengecualian karena banyak senyawa yang dengan kelarutan rendah sukar diadsorpsi, sedangkan beberapa senyawa yang sangat mudah larut diadsorpsi dengan mudah. Usaha-usaha untuk menemukan hubungan kuantitatif antara kemampuan

adsorpsi dengan kelarutan hanya sedikit yang berhasil.

d. Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran molekul adsorbat benar-benar penting dalam proses adsorpsi ketika molekul masuk ke dalam mikropori suatu partikel arang untuk diserap. Adsorpsi paling kuat ketika ukuran pori-pori adsorben cukup besar sehingga memungkinkan molekul adsorbat untuk masuk.

e. pH

pH di mana proses adsorpsi terjadi menunjukkan pengaruh yang besar terhadap adsorpsi itu sendiri. Hal ini dikarenakan ion hidrogen sendiri diadsorpsi dengan kuat, sebagian karena pH mempengaruhi ionisasi dan karenanya juga mempengaruhi adsorpsi dari beberapa senyawa. Asam organik lebih mudah diadsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik terjadi dengan mudah pada pH tinggi. pH optimum untuk kebanyakan proses adsorpsi harus ditentukan dengan uji laboratorium.

f. Temperatur

Temperatur di mana proses adsorpsi terjadi akan mempengaruhi kecepatan dan jumlah adsorpsi yang terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan meningkatnya temperatur, dan menurun dengan menurunnya temperatur. Namun demikian, ketika adsorpsi merupakan proses eksoterm, derajat adsorpsi meningkat pada suhu rendah dan akan menurun pada suhu yang lebih tinggi (Srining Peni, 2001: 23).

Adsorben adalah material yang dapat mengadsorpsi zat berdasarkan karakteristik porinya (Kesuma dkk, 2013). Adsorben dapat berbentuk serbuk (*powder*) atau butiran (*granular*) dan penggunaannya tergantung operasi yang akan dilakukan.

Salah satu faktor yang penting dalam proses adsorpsi ada luas permukaan adsorben per satuan berat adsorben. Bila dibandingkan terhadap ukuran partikel, luas permukaan internal pada pori-pori partikel lebih berpengaruh pada proses adsorpsi, partikel adsorben tersebut berdiameter antara 0,005 cm hingga 1,27 cm. Pemakaiannya antara lain untuk mengadsorpsi berbagai zat pengotor yang umumnya meliputi zat-zat organik, bau dan warna, koloid dan senyawa nitrit yang berada di dalam fluida cair. Selain itu juga dapat digunakan untuk mengadsorpsi gas yang tidak dikehendaki yang berada dalam campuran gas.

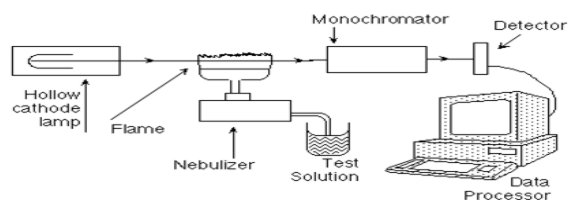
Adsorben yang baik adalah yang memiliki porositas tinggi seperti arang dan silika gel. Standar kualitas adsorben arang aktif dapat dilihat dari Tabel 4.

| Uraian | Syarat kualitas | |
|---|-----------------|-------------|
| | Serbuk | Butiran |
| Kadar zat terbang (%) | Maks 25 | Maks 15 |
| Kadar air (%) | Maks 15 | Maks 4,5 |
| Kadar abu (%) | Maks 10 | Maks 2,5 |
| Bagian tak mengering | 0 | 0 |
| Daya serap terhadap I ₂ | Min 750 | Min 750 |
| Karbon aktif murni (%) | Min 65 | Min 80 |
| Daya serap terhadap benzena (%) | - | Min 65 |
| Daya serap terhadap biru metilen (mg/g) | Min 120 | Min 60 |
| Bobot jenis curah (g/ml) | 0,3 - 0,35 | 0,45 - 0,55 |
| Lolos mesh | Min 90 | - |
| Jarak mesh (%) | - | 90 |
| Kekerasan (%) | - | 80 |

Tabel 4. Standar Kualitas Arang Aktif Menurut SNI 06-3730-1995.

(Sumber : SNI 06-3730-1995)

Spektrofotometer serapan atom (SSA) adalah suatu metode analisis untuk menentukan terutama unsur-unsur logam dalam suatu contoh, dengan kepekaan, ketelitian, sensitifitas dan selektifitas yang tinggi. skema alat Spektrofotometer Serapan Atom:



Komponen dari alat SSA adalah sebagai berikut:

1. Sumber cahaya

Untuk menghasilkan cahaya pada panjang gelombang yang spesifik untuk unsur tertentu, biasanya digunakan HCL (*Hollow Cathode Lamp*). Lampu katoda ini terdiri dari dua kutub, yaitu anoda dan katoda. Kutub katodanya dibuat dari unsur yang akan dianalisis dengan panjang gelombang tertentu dan kutub anodanya dibuat dari logam wolfram, nikel dan zirkonium. Bahan yang digunakan sebagai kaca harus terbuat dari *pyrex* atau kuarsa dan tergantung dari gelombang emisi yang dihasilkan dari lampu katoda ini. Lampu ini juga diisi oleh gas neon atau terkandung argon dengan tekanan beberapa torr (Pecsoket, 1976).

2. Bagian Atomisasi (Atomizer)

Bagian ini untuk menghasilkan populasi atom bebas dari contoh. Sumber energi untuk

menghasilkan atom bebas biasanya panas atau nyala umumnya dalam bentuk nyala udara atau asetilen atau nitrosoksida atau asetilen. Contoh dibuat menjadi suatu erosol dimasukkan kedalam nyala sedangkan posisi *burner* berada lurus dengan garis optik sehingga cahaya tepat melewati nyala tempat terjadi penyerapan cahaya.

3. Monokromator

Monokromator merupakan alat untuk mengisolasi panjang gelombang spesifik analit dari cahaya yang dipancarkan oleh HCL, dapat mengubah sinar polikromatis yang dihasilkan oleh sumber cahaya menjadi sinar monokromatis dan mengisolasi sinar monokromatis tersebut kepanjang gelombang tetap yang sempit (Pecsoket, 1976). Jika dilihat dari bahan pembuatnya monokromator terbagi menjadi dua jenis, yaitu prisma dan *grating*. Pada SSA ada dua jenis monokromator, yaitu monokromator celah dan kisi di fraksi yang dapat digunakan untuk mendapatkan resolusi yang terbaik (Mulja, 1995).

4. Detektor

Suatu detektor akan menangkap sejumlah energi cahaya yang dihasilkan dari sumber cahaya dan telah melalui atom-atom analit kemudian mengubahnya ke suatu bentuk satuan yang dapat diukur seperti arus listrik.

5. Penguat Sinyal (*Amplifier*)

Suatu penguat memperoleh sinyal masuk dari komponen detektor dan melalui peristiwa elektrik menghasilkan sinyal keluar yang berkali-kali lebih besar dari sinyal masuk.

6. Perekam (Rekorder)

Bagian perekam data merupakan bagian yang paling mudah dimodifikasi untuk memudahkan pembacaan data dan penarikan kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan, biasanya secara komputerisasi.

2. CARA KERJA

2.1 Alat dan Bahan

Spektrofotometer Serapan Atom, oven, waterbath, neraca analitik, mesin giling, labu takar, kondensor, corong saring, gelas ukur, pH Indikator, cawan porselen, gelas piala 100 ml – 5 L, toples, pipet ukur 10 ml, saringan 100 mesh, labu dasar bulat 500 ml – 10 L, alat refluks, erlenmeyer, pipet volume 10 ml, kertas indikator pH, kertas saring.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan NaOH 0,25 N, asam Asetat 10%, EDTA 10%, formalin, aquades, piridin, etanol 70 %, asam sulfat (H₂SO₄) 0,2 M, H₂SO₄ 7%, larutan induk logam Pb(NO₃)₂ dan sampel serbuk gergaji kayu jati.

2.2 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan permunian selulosa dengan menggunakan metode delignifikasi kemudian dilakukan beberapa metode aktivasi yaitu esterifikasi, formaldehida dan piridin.

Selanjutnya dilakukan beberapa perlakuan dengan mencari konsentrasi dari 2, 3, 4 dan 5 ppm logam timbal (Pb) dan mencari waktu kontak dari 30, 40, 50 dan 60 menit, menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) hasil yang didapat dicari yang terbaik dalam penyerapan logam timbal (Pb).

2.2.1 Persiapan Limbah Kayu Jati

Serbuk kayu jati dikeringkan dalam oven pada 110 °C selama 24 jam, kemudian di halus menggunakan mesin giling lalu di ayak sehingga lolos saringan mesh 100.

2.2.2 Delignifikasi

Sebanyak 500 gram Serbuk kayu jati halus kemudian direndam dalam 5000 mL NaOH 0,25 N dihomogenkan dan didiamkan selama 18 jam, saring dan refluks dengan 1000 mL etanol 70 % dan 200 mL H₂SO₄ 1,5 N selama 8 jam, kemudian saring dibilas dengan aquades sampai filtrat tidak berwarna atau pH 7 (netral) dan dikeringkan dalam oven pada suhu 45 °C selama 24 jam.

2.2.3 Aktivasi Limbah Kayu Jati dengan Esterifikasi

20 gram contoh dimasukan ke dalam labu berdasar bulat. Kemudian kedalam labu ditambahkan 200 mL asam asetat (berat 10 %) penambahan dengan rasio 1:10 di campurkan dan direfluk selama 2 jam pada 100 °C dan disaring dan dikeringkan dalam oven pada 50 °C selama 24 jam. Lakukan prosedur yang sama untuk lauran EDTA.

2.2.4 Aktivasi Limbah Kayu Jati dengan Formaldehida

Campurkan 50 gram contoh limbah kayu jati dan 200 mL dari 39 % v/v formalin dan 800 mL dari 0,2 M asam sulfat (H₂SO₄) dipanaskan di waterbath pada suhu 50 °C selama 2 jam kemudian disaring dan dicuci dengan aquadest sampai pH 7,0 dan dikeringkan dalam oven pada 50 °C selama 24 jam.

2.2.5 Aktivasi Limbah Kayu Jati dengan Piridin

Siapkan 50 gram contoh limbah kayu jati yang dihomogenkan dengan 750 mL dari 7 % asam sulfat (H₂SO₄) direfluks pada 65 °C selama 24 jam, kemudian dicuci dengan aquadest dan dikeringkan pada 50 °C dalam oven. Setelah kering, tambahkan 250 mL piridin dan 40 g larutan EDTA, kemudian direfluks kembali selama 3 jam dengan suhu 70 °C.

Biarkan dingin dan saring. Cuci beberapa kali menggunakan aquadest sampai pH netral (7,0).

2.2.6 Pembuatan Larutan Logam (Pb)

Pembuatan larutan sample Pb dari pengenceran larutan induk timbal (II) nitrat Pb(NO₃)₂ 1000 ppm sebanyak 10 ml diencerkan dengan aquadest dan ditempatkan dalam labu ukur 100 ml. Kemudian larutan tersebut diencerkan hingga konsentrasi 10 ppm dalam labu ukur 1 L. Selanjutnya, larutan tersebut diencerkan pada konsentrasi 2, 3, 4 dan 5 ppm. Kemudian larutan tersebut dianalisa menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) untuk menentukan konsentrasi Pb yang terdapat dalam larutan tersebut.

2.2.7 Adsorpsi Logam Timbal (Pb)

Contoh sebelum dan setelah aktivasi di timbang sebanyak 0,25 gram. Sedangkan logam timbal dibuat dengan konsentrasi 2, 3, 4 dan 5 ppm. Setelah didapatkan konsentrasi terbaik kemudian dilakukan waktu kontak pengocokan selama 30, 40, 50 dan 60 menit. Setelah dikocok campuran disaring dan hasil saringan dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Semua percobaan adsorpsi dilakukan dalam tiga kali ulangan untuk mendukung hasil. Jumlah logam timbal teradsorpsi pada kesetimbangan q_e dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$q_e (\text{kapasitas adsorpsi}) = \frac{V}{W} (C_i - C_f)$$

Keterangan :

- q_e = Kapasitas adsorpsi (ppb).
- V = Volume larutan (L).
- W = Massa adsorben (g).
- C_i = Konsentrasi awal logam (ppm).
- C_f = Konsentrasi akhir logam (ppm).

2.2.8 Pengolahan data

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diberikan, analisis statistik dilakukan dengan Uji ANOVA dan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan di lakukan analisa *Duncan Multiple Range Test* pada tingkat kepercayaan 95%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan di Laboratorium Natural Product dan Laboratorium tanah dan tanaman, Balai Penelitian SEAMEO BIOTROP Bogor. Pada penelitian ini digunakan limbah kayu jati sebagai bahan dasar pembuatan adsorben. Pada pembuatan ini dilakukan pada berbagai perlakuan yaitu tanpa aktivasi dan teraktivasi. Adapun perlakuan tanpa aktivasi yaitu limbah kayu jati yang dikeringkan dan dihaluskan (kontrol) dan limbah kayu jati yang telah dihilangkan ligninnya

(delignifikasi). Sedangkan yang teraktivasi yaitu dengan esterifikasi, formaldehida dan piridin.

3.1 Hasil Delignifikasi

Setelah proses delignifikasi dilakukan dapat dilihat ada perbedaan berat sample sebelum dan setelah delignifikasi.

Tabel 5. Berat Sampel Sebelum dan Sesudah Delignifikasi

| Berat sebelum (gram) | Berat sesudah (gram) |
|----------------------|----------------------|
| 500 | 324,5410 |

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa telah terjadi pengurangan berat sampel. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan lignin pada contoh telah hilang karena fungsi NaOH pada proses delignifikasi adalah untuk menghilangkan lignin dan pemakaian suhu 100 °C menyebabkan lignin terurai dengan sempurna, tetapi apabila pemakaian suhu diatas 180 °C menyebabkan kemungkinan selulosa terdegradasi lebih banyak karena pada suhu ini lignin telah habis terlarut sehingga akan mendegradasi selulosa.

Penggunaan H₂SO₄ ini untuk mencegah selulosa ikut terdegradasi dalam proses delignifikasi. Hasil yang diperoleh yaitu berkurangnya berat sampel, hal ini menunjukkan bahwa kandungan lignin yang terdapat dalam limbah kayu jati telah hilang dan lepas sehingga didapatkan sampel selulosa yang akan digunakan dalam proses aktivasi. Pada bab ini akan disajikan data-data hasil penelitian beserta pembahasan data tersebut meliputi pengaruh berbagai aktivasi limbah kayu jati, penentuan konsentrasi optimum adsorpsi timbal (Pb) dan penentuan waktu kontak optimum adsorpsi timbal (Pb).

3.2 Aktivasi Adsorben

Adsorben diaktivasi dengan esterifikasi, formaldehida dan piridin. Pada aktivasi sampel dengan esterifikasi menggunakan pereaksi yang mengandung asam karboksilat seperti asam asetat dengan 1 gugus asam karboksilat (COOH) dan EDTA dengan 4 gugus asam karboksilat (COOH), proses aktivasi ini dapat mengaktifkan gugus -OH terbentuk pada adsorben sehingga ion logam Pb yang di adsorpsi akan lebih banyak (Tabel 7 dan 8).

Pada aktivasi formaldehida, adsorben akan bereaksi dengan formalin menggunakan katalis asam sulfat (H₂SO₄), proses aktivasi ini yang berpengaruh adalah pH, jika pH tidak normal (pH 7) dapat mempengaruhi proses adsorpsi, keasaman dapat mempengaruhi gugus fungsi H⁺ yang akan berikatan dengan situs aktif adsorben.

Pada aktivasi sampel dengan piridin, adsorben bereaksi dengan EDTA dimana piridin tersebut

berfungsi sebagai pelarut dan menggunakan katalis asam sulfat (H₂SO₄), keasaman pH pun harus diperhatikan.

3.3 Hasil Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Terbaik

Pada hasil pencarian konsentrasi terbaik ini bisa diketahui bahwa konsentrasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi dan mempengaruhi kemampuan muatan pada situs aktif yang akan berkompetisi dengan kation untuk berikatan dengan situs aktif adsorben. Penentuan efektifitas konsentrasi pada logam berat menggunakan serbuk gergaji kayu jati tanpa aktivasi dan teraktivasi, dilakukan variasi konsentrasi 2, 3, 4 dan 5 ppm selama 30 menit secara di homogenkan. Analisis sidik ragam pada penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi logam [Pb(NO₃)₂] pada perlakuan yang tidak diaktivasi dan yang teraktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap adsorpsi logam [Pb(NO₃)₂]. Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh konsentrasi optimum pada [Pb(NO₃)₂] terhadap perlakuan yang tidak diaktivasi dan yang teraktivasi dilakukan uji Duncan (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil Konsentrasi Optimum [Pb(NO₃)₂] Terhadap Perlakuan Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi.

| Kons (ppm) | Tanpa Aktivasi | | Teraktivasi | | | |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | K (mg/g) | Delig (mg/g) | Ester (AA) (mg/g) | Ester (EA) (mg/g) | F (mg/g) | P (mg/g) |
| 2 | 0,07474 _c | 0,09032 _d | 0,10156 _c | 0,10558 _c | 0,09453 _c | 0,09955 _b |
| 3 | 0,15010 _a | 0,13781 _a | 0,14645 _a | 0,17458 _a | 0,15850 _a | 0,14042 _a |
| 4 | 0,08748 _b | 0,10998 _c | 0,13429 _b | 0,14133 _b | 0,11018 _b | 0,08808 _c |
| 5 | 0,11481 _a | 0,13038 _b | 0,12977 _b | 0,17498 _a | 0,15488 _a | 0,13881 _a |

Keterangan :

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama menunjukkan hasil yang berpengaruh nyata dengan uji lanjut Duncan pada taraf kepercayaan 95%.

Kons : Konsentrasi logam timbal nitrat [Pb(NO₃)₂].

K : Kontrol.

Delig : Delignifikasi.

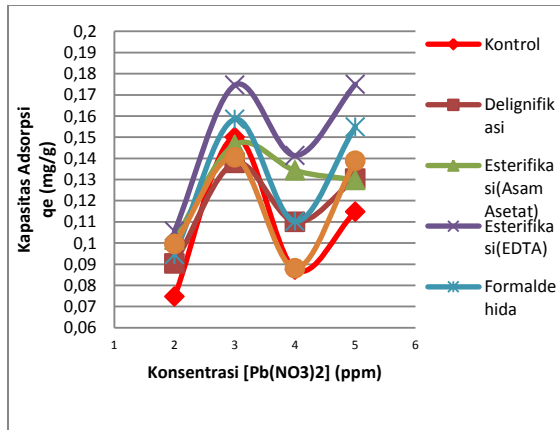
Ester (AA) : Limbah kayu jati teraktivasi dengan esterifikasi oleh larutan Asam Asetat.

Ester (EA) : Limbah kayu jati teraktivasi dengan esterifikasi oleh larutan EDTA.

F : Limbah kayu jati teraktivasi dengan larutan formalin.

P : Limbah kayu jati teraktivasi dengan larutan piridin.

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh terhadap adsorpsi logam berat timbal (Pb). Dari tabel tersebut dapat dibuat grafik yang menunjukkan konsentrasi mana yang dapat mengadsorpsi logam berat (Pb) yang paling baik. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini :



Gambar 4. Grafik Konsentrasi Terbaik pada Perlakuan Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi.

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa konsentrasi optimum adsorpsi tanpa aktivasi kontrol, delignifikasi dan yang diaktivasi esterifikasi (Asam asetat), esterifikasi (EDTA), formaldehida dan piridin konsentrasi optimumnya terdapat pada konsentrasi 3 ppm dan 5 ppm.

Dari gambar tersebut tanpa aktivasi kontrol, delignifikasi dan yang diaktivasi esterifikasi (Asam asetat), formaldehida dan piridin menunjukkan konsentrasi optimumnya adalah 3 ppm dengan hasil yang didapatkan yaitu 0,1501 mg/g, 0,13781 mg/g, 0,14645 mg/g, 0,1585 mg/g dan 0,14042 mg/g. Tetapi pada aktivasi esterifikasi (EDTA) optimumnya adalah 5 ppm dengan hasil yang didapatkan yaitu 0,17498 mg/g. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semua perlakuan aktivasi dapat berlangsung dengan baik dalam mengadsorpsi logam berat timbal (Pb) karena pada perlakuan yang diaktivasi gugus -OH pada selulosa telah aktif sehingga dapat meningkatkan proses adsorpsi.

3.4 Hasil Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Waktu Kontak Terbaik

Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai kapasitas adsorpsi, penentuan optimum adsorpsi pada waktu kontak 30, 40, 50 dan 60 menit dilakukan dengan larutan logam timbal (Pb) konsentrasi 3 ppm yang merupakan konsentrasi yang efektifitas yang terbaik dalam menentukan kapasitas adsorpsinya, Penentuan kondisi optimum waktu kontak adsorpsi ion Pb^{2+} perlu dilakukan untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi yang optimum. Analisis sidik ragam pada penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi logam $[Pb(NO_3)_2]$ pada perlakuan yang tidak diaktivasi dan yang teraktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap adsorpsi logam $[Pb(NO_3)_2]$.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh konsentrasi optimum pada $[Pb(NO_3)_2]$ terhadap

perlakuan yang tidak diaktivasi dan yang teraktivasi dilakukan uji Duncan (Tabel 7).

Tabel 7. Hasil Waktu Kontak Optimum pada Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Terhadap Perlakuan Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi.

| Waktu (menit) | Tanpa Aktivasi | | Teraktivasi | | | |
|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | K (mg/g) | Delig (mg/g) | Ester AA (mg/g) | Ester (EA) (mg/g) | F (mg/g) | P (mg/g) |
| 30 | 0,14673 _d | 0,22606 _c | 0,25511 _d | 0,29386 _d | 0,29088 _d | 0,28063 _d |
| 40 | 0,15003 _c | 0,23009 _d | 0,26152 _c | 0,29531 _c | 0,29141 _c | 0,28205 _c |
| 50 | 0,15883 _b | 0,23491 _b | 0,26689 _b | 0,29594 _b | 0,29377 _b | 0,28449 _b |
| 60 | 0,16080 _a | 0,24006 _a | 0,27168 _a | 0,29646 _a | 0,29450 _a | 0,28569 _a |

Keterangan :

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama menunjukkan hasil yang berpengaruh nyata dengan uji lanjut Duncan pada taraf kepercayaan 95%.

Kons : Konsentrasi logam timbal nitrat $[Pb(NO_3)_2]$.

K : Kontrol.

Delig : Delignifikasi.

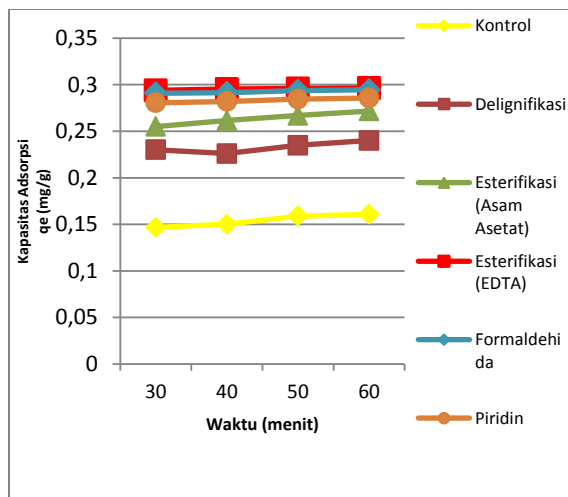
Ester (AA) : Limbah kayu jati teraktivasi dengan esterifikasi oleh larutan Asam Asetat.

Ester (EA) : Limbah kayu jati teraktivasi dengan esterifikasi oleh larutan EDTA.

F : Limbah kayu jati teraktivasi dengan larutan formalin.

P : Limbah kayu jati teraktivasi dengan larutan piridin.

Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi timbal (Pb) berpengaruh nyata terhadap semua perlakuan. Pada perlakuan yang teraktivasi, esterifikasi (EDTA) memberikan hasil yang maksimal terhadap adsorpsi logam $[Pb(NO_3)_2]$ dengan hasil yang didapatkan adalah 0,29386 mg/g, 0,29531 mg/g, 0,29594 mg/g dan 0,29646 mg/g. Perlakuan ini menunjukkan hasil adsorpsi tertinggi, jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada perlakuan ini reaksi berjalan sempurna dengan meningkatnya waktu kontak, maka efisiensi penyerapan semakin bertambah. Hal ini disebabkan pada adsorpsi ion dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontak semakin lama. Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam. dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Waktu Kontak Terbaik Adsorpsi Pb pada Perlakuan Tanpa Aktivasi dan Teraktivasi.

Gambar 5 menunjukkan optimum adsorpsi tanpa aktivasi (kontrol dan delignifikasi) dan kapasitas adsorpsi yang di aktivasi esterifikasi (Asam asetat), esterifikasi (EDTA), formaldehida dan piridin diketahui bahwa semakin lama waktu pengocokan kapasitas adsorpsi logam berat timbal (Pb) semakin besar. Hal ini membuktikan bahwa lamanya waktu pengocokan sangat berpengaruh terhadap adsorpsi logam berat timbal (Pb). Hal ini dimungkinkan gugus fungsi hidroksil (OH dan CH_2OH) adsorben selulosa yang berinteraksi dengan ion logam Pb^{2+} mencapai waktu optimum adsorpsi terjadi pada waktu kontak 60 menit dengan kapasitas adsorpsi adalah 0,16080 mg/g, 0,24006 mg/g, 0,27168 mg/g, 0,29646 mg/g, 0,29450 mg/g dan 0,28569 mg/g. Dari keseluruhan data yang diperoleh adsorben limbah kayu jati tanpa aktivasi dan teraktivasi dapat di susun dari yang kapasitas adsorpsi tertinggi sampai adsorpsi terendah adalah esterifikasi (EDTA) > formaldehida > piridin > esterifikasi (Asam asetat) > delignifikasi > kontrol.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan :

1. Konsentrasi optimum pada kontrol, delignifikasi, esterifikasi (asam asetat), formaldehida dan piridin yaitu 3 ppm dengan kapasitas adsorpsi masing-masing sebesar 0,1501 mg/g, 0,13781 mg/g, 0,14645 mg/g, 0,1585 mg/g dan 0,14042 mg/g. Sedangkan konsentrasi optimum pada esterifikasi (EDTA) yaitu 5 ppm dengan kapasitas adsorpsi 0,17498 mg/g.
2. Waktu kontak optimum pada kontrol, delignifikasi, esterifikasi (asam asetat), esterifikasi (EDTA), formaldehida dan piridin

yaitu pada waktu 60 menit dengan kapasitas adsorpsi hasil yang didapatkan adalah 0,16080 mg/g, 0,24006 mg/g, 0,27168 mg/g, 0,29646 mg/g, 0,29450 mg/g dan 0,28569 mg/g.

3. Aktivasi dengan esterifikasi (EDTA) memiliki kapasitas adsorpsi paling tinggi pada Pb^{2+} . Sedangkan aktivasi dengan esterifikasi (asam asetat) memiliki kapasitas adsorpsi yang rendah pada Pb^{2+} .

4.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mempelajari logam berat apa saja yang dapat teradsorpsi oleh limbah kayu jati.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pembuatan adsorben limbah serbuk gergaji kayu jati dengan menggunakan aktivasi fisika dengan variasi suhu yang tinggi.

5. Daftar Pustaka

1. Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia.
2. Duruibe, J.O., Ogwuegbu, M.O.C., & Egwurugwu, J.N. 2007. "Heavy Metal Pollution and Human Biotoxic Effects", *International journal of physical Sciences*, Vol. 2 (5), pp. 112-118, hlm: 1-7.
3. Jensen, M.L. and Bateman A.M. 1981. *Economic Mineral Deposits*, New York: John Wiley & Sons.
4. Kesuma, Ruth Febriana dkk. 2013. *Karakteristik Pori Adsorben Berbahan Baku Kaolin Capkala dan Zeolit Dealiminasi*. Pontianak : Universitas Tanjung Pura.
5. Khopkar, S.M. 2003. *Konsep Dasar kimia Analitik, Diterjemahkan oleh A.Saptorahardjo*. Jakarta: UI Press.
6. Lehninger, A.L. 1982. *Dasar-dasar Biokimia, Diterjemahkan oleh Dr. Ir. Maggy Thenawidjaja*. Jakarta: Erlangga.
7. Mulja, Muhammad dan Suharman. 1995. *Analisis Instrumental*. Bandung: ITB.
8. Pecsok, R. L., D. Shields, T. Chairns dan I. G. Williams. 1976. *Modern Methods of Chemical Analysis. Edisi kedua*. New York: John Wiley and Sons.
9. [SNI] Standar Nasional Indonesia. 1995, SNI 06-3730-1995. *Arang Aktif Teknis*. Jakarta : Dewan Standarisasi Nasional.
10. Srinings Peni, 2001, *Perbedaan penurunan kadar zat warna dengan media adsorpsi karbon aktif tempurung kelapa, Kulit Kacang Pada Industri Batik Roro*

Djonggrang. Yogyakarta : Universitas
Sebelas Maret.

11. Stevens, Malcom P. 2001. *Kimia Polimer, Diterjemahkan oleh Iis Sopyan*. Jakarta: PT . Pradnya Paramita.
12. Stum W, dan Morgan, J.J, 1996, *Aquatic Chemistry*, New York: John Wiley and Son.
13. Wardono, Ali. 2006. *Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandis) Sebagai Campuran Bahan Pengisi Pada Pembuatan Bata Beton Pejal*. Semarang: UNNES.