

PENYERAPAN TIMBAL OLEH JERAMI TERMODIFIKASI SECARA SONIKASI

Siti Wardiyati, Wildan Zakiah Lubis, Wahyudianingsih dan Ari Handayani

Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN
Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang 15314

ABSTRAK

PENYERAPAN TIMBAL OLEH JERAMI TERMODIFIKASI SECARA SONIKASI. Telah dilakukan percobaan penyerapan logam berat Pb oleh jerami yang termodifikasi secara sonikasi. Modifikasi jerami secara sonikasi dilakukan dengan menggunakan alat ultrasonik jenis *cleaning bath*. Penyerapan logam berat Pb oleh jerami dilakukan secara empat dengan beberapa parameter, diantaranya pH larutan umpan (1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7), waktu kontak (5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit), ukuran jerami (20, 40, 60, dan 80 mesh), perbandingan Pb terhadap jerami (0,25/0,5; 0,5/0,5; 0,75/0,5; dan 1,0/0,5 mg/g). Penentuan struktur mikro jerami dilakukan dengan menggunakan alat Scanning Electron Microscope (SEM) dan analisis logam berat Pb dilakukan dengan menggunakan alat Spectrofotometer UV-VIS DMS 100. Dari hasil percobaan penyerapan logam berat Pb oleh jerami yang termodifikasi secara sonikasi dapat disimpulkan bahwa jerami yang dimodifikasi secara sonikasi layak dimanfaatkan sebagai bahan penyerap terhadap logam berat Pb. Dari percobaan diperoleh efisiensi penyerapan 94 % untuk larutan Pb 10 mg/L sebanyak 50 mL, pH larutan 5 dan waktu kontak 20 menit dan jumlah jerami 0,5 g. Bila dibandingkan dengan modifikasi secara kimia, modifikasi secara sonikasi lebih menguntungkan karena jerami hasil sonikasi tidak mengalami kerusakan atau pembelahan serat, ikatan dengan logam Pb lebih kuat dan tidak memerlukan bahan kimia.

Kata kunci: Jerami, sonikasi, timbal, absorpsi.

ABSTRACT

ABSORPTION OF LEAD BY SONICATION MODIFIED HAY. Absorption of lead heavy metal by sonication modified hay was carried out. Modification of hay is done by sonication using of cleaning bath ultrasonic. The method of absorption of lead heavy metal by sonication-modified hay is bath process with some parameters, pH of feed solution (1, 2, 3, 4, 5, 6, and 7), contact time (5, 10, 15, 20, 25, and 30 minutes), size of hay (20, 40, 60, and 80 mesh), ratio of pb to hay (0.25/0.5; 0.5/0.5; 0.75/0.5; and 1.0/0.5 mg/g). Determination of hay microstructure is done by using Scanning Electron Microscope (SEM) and analysis of Pb by UV-VIS DMS 100 Spectrophotometer. Result of experiment found that sonication-modified hay can be used for absorbent of lead heavy metal. From the experiment is found that efficiency of absorption is 94 % for concentration of Pb 10 mg/L in the 50 mL, solution pH of feed 5, contact time 20 minutes and amount of hay 0.5 g. Modification of hay by sonication is better than with chemical processing, because the sonicated hays are not broken in their of cellulose, and the bonding between Pb and the hay is strong and this process needs no any chemical agents.

Key words : Hay, sonication, lead, absorption.

PENDAHULUAN

Penggunaan jerami sebagai bahan pembuat pulp kertas telah lama dilakukan, akan tetapi pemakaian jerami sebagai bahan pengisi atau *filler* genteng polimer dan bahan absorben sedang dikembangkan di Puslitbang Iptek Bahan BATAN[1,2]. Jerami sebagai bahan absorben dapat digunakan untuk penyerap logam-logam berat seperti Pb yang terdapat di dalam air. Diketahui dengan adanya Pb dalam air yang melebihi nilai batas ambang tidak diinginkan, oleh karena itu perlu dilakukan penyerapan Pb dalam air tersebut. Banyak bahan penyerap yang bisa digunakan untuk penyerapan logam-logam berat di antaranya, zeolit, arang aktif,

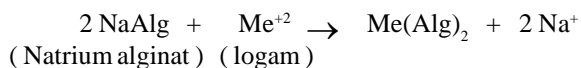
enceng gondok, sabut kelapa dan lain sebagainya[3,4,5]. Pada kesempatan ini dicoba absorben lain, yaitu jerami, dengan tujuan untuk menaikkan nilai tambah jerami.

Jerami sebagai bahan penyerap perlu perlakuan khusus terlebih dahulu dengan tujuan untuk meningkatkan kestabilan struktur jerami, sehingga bisa dimanfaatkan dalam waktu yang relatif lama. Selain itu, perlakuan jerami yang disebut dengan istilah modifikasi juga bertujuan agar air hasil olahan tidak terkontaminasi oleh warna dari pigmen luar daripada jerami tersebut[6].

Modifikasi jerami bisa dilakukan secara kimia ataupun fisika. Modifikasi secara kimia telah lazim

digunakan, yaitu dengan menambahkan senyawa kimia seperti HNO_3 , campuran H_2SO_4 dengan formaldehida. Secara fisika bisa dilakukan dengan cara pemanasan, akan tetapi cara ini akan merusak senyawa kimia yang terkandung di dalam jerami. Pada kesempatan ini dicoba metode lain, yaitu dengan cara sonikasi, dengan cara ini diharapkan struktur kimia dari jerami tidak mengalami kerusakan karena tidak perlu pemanasan. Sonikasi dilakukan dengan menggunakan alat ultrasonik, yang bekerja berdasarkan getaran yang dihasilkan oleh energi listrik dengan kekuatan tinggi, sehingga mampu mengeluarkan *pigmen* luar dari jerami[7].

Penyerapan logam berat oleh jerami terjadi secara reaksi penukar ion antara senyawa alginat yang terkandung didalam jerami dengan logam dan secara fisis. Jerami terdiri dari lignin 12% - 14%, selulosa 28% - 36%, pentosan 23% - 25% dan kadar abu 14% - 20% [8]. Dinding sel yang mengandung selulosa tersusun atas beberapa gabungan polisakarida. Salah satu polisakarida tersebut berupa senyawa alginat dengan sifat sebagai penukar ion. Mekanisme reaksi pertukaran ion polisakarida dalam jerami dengan logam berat dapat dituliskan sebagai berikut[5] :



Penelitian penyerapan logam berat Pb oleh jerami yang termodifikasi secara sonikasi ini bertujuan untuk mengetahui, jerami hasil sonikasi layak dimanfaatkan sebagai bahan penyerap logam berat Pb. Caranya dengan membandingkan hasil penyerapan Pb oleh jerami yang termodifikasi secara kimia (campuran H_2SO_4 dengan formaldehida) dengan jerami yang termodifikasi secara sonikasi.

METODE PERCOBAAN

Bahan

Jerami, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (Aldrich), 2-4-Pyridylazo Resorcinol (PAR) (Aldrich), Air bebas mineral, HCl (Aldrich), NaOH (Aldrich), kertas saring Whatman. (bahan-bahan yang digunakan dalam tingkat *pure analysis*).

Alat

Ultrasonik (*Cleaning bath*), Spektrofotometer UV-VIS DMS 100 (Varian), *Scanning Electron Microscope* (Philip), Oven, Ayakan, dan Peralatan gelas.

Cara Kerja

Preparasi Jerami

Jerami dikeringkan dengan panas matahari hingga kadar airnya sekitar 10 %, selanjutnya dipotong-potong

sepanjang 2- 3 mm, digerus dan diayak dengan ukuran 20, 40, 60, dan 80 mesh. Jerami hasil ayakan tersebut siap untuk dimodifikasi.

Modifikasi Jerami

a. Modifikasi secara kimia

Modifikasi jerami secara kimia dilakukan dengan cara mereaksikan jerami yang tidak dicuci sebelumnya sebanyak 10 g dengan 1 L 0,2 N H_2SO_4 dan 50 g formaldehida 35 %. Campuran tersebut selanjutnya diaduk sampai bercampur sempurna, dan kemudian didiamkan selama 2 jam pada suhu 50°C. Jerami yang telah termodifikasi selanjutnya dipisahkan dari larutannya, dicuci dengan air bebas mineral hingga air cucian tidak berwarna dan kemudian dikeringkan dengan udara.

b. Modifikasi secara fisika

Modifikasi jerami secara fisika dilakukan dengan menggunakan alat Ultrasonik type *cleanning bath*. Caranya jerami sebanyak 50 g dan 400 mL air dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1000 mL, kemudian disonikasi selama 1 jam, diganti airnya kemudian disonikasi lagi selama 15 menit. Jerami yang telah disonikasi selanjutnya dipisahkan dari larutannya, dicuci dengan air bebas mineral hingga air cucian tidak berwarna dan kemudian dikeringkan dengan udara. Jerami hasil sonikasi ini siap digunakan untuk penyerapan logam berat Pb.

Penyerapan Pb oleh Jerami yang Termodifikasi

Proses penyerapan timbal (Pb) dengan jerami yang telah dimodifikasi dilakukan secara *batch* (catu). Larutan Pb nitrat dengan konsentrasi Pb 10 mg/L dikontakkan dengan jerami pada sebuah gelas beker, kemudian diaduk dengan menggunakan pengaduk magnet. Setelah proses penyerapan selesai, jerami dipisahkan dari *efluentnya* dan selanjutnya *efluent* dianalisis kandungan Pbnya dengan menggunakan alat Spektrofotometer UV-VIS DMS 100. Parameter yang dipelajari pada percobaan ini adalah pengaruh pH larutan umpan (1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7) waktu kontak (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, dan 40) menit, ukuran jerami (lolos ayakan 20, 40, 60, dan 80 mesh) dan konsentrasi Pb pada larutan umpan (perbandingan antara Pb dan jerami).

Penentuan Strukturmikro Jerami

Penentuan strukturmikro jerami dilakukan untuk mengetahui perbedaan struktur jerami sebelum dan sesudah modifikasi, baik secara kimia maupun sonikasi, dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Penentuan Pb

Penentuan Pb dilakukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer UV-VIS DMS 100 produk VARIAN,

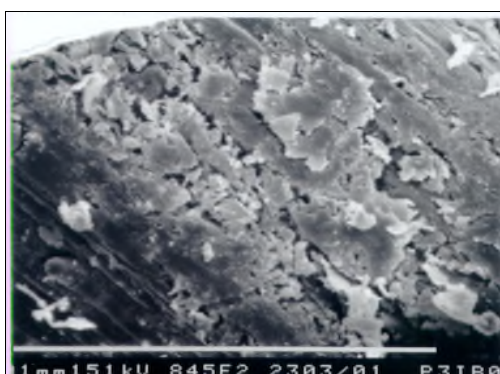
dengan menggunakan larutan 2-4 Pyridilazo Resorcinol (PAR) sebagai pengkhelat [9,10]. Timbal (Pb) dalam media alkali kuat (pH 10) akan bereaksi cepat dengan PAR membentuk *khelat* stabil berwarna merah. Warna inilah yang dijadikan dasar untuk penentuan Pb dengan metode Spektrofotometri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan penyerapan logam berat Pb oleh jerami yang termodifikasi secara sonikasi dilakukan dengan tujuan untuk melihat, apakah jerami hasil sonikasi layak dimanfaatkan sebagai bahan penyerap logam berat Pb. Caranya dengan membandingkan hasil penyerapan Pb oleh jerami yang termodifikasi secara kimia (campuran H_2SO_4 dengan formaldehida) dengan jerami yang termodifikasi secara sonikasi. Seperti dituliskan di pendahuluan, bahwa modifikasi jerami dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan *pigment* luar dan zat-zat organik serta debu yang menempel pada jerami, agar kestabilan struktur jerami meningkat dan bisa dimanfaatkan dalam waktu yang relatif lama. Pada penelitian ini dilihat perbedaan strukturmikro jerami sebelum modifikasi, dan strukturmikro jerami hasil modifikasi secara kimia ataupun secara sonikasi serta efisiensinya terhadap penyerapan logam berat Pb.

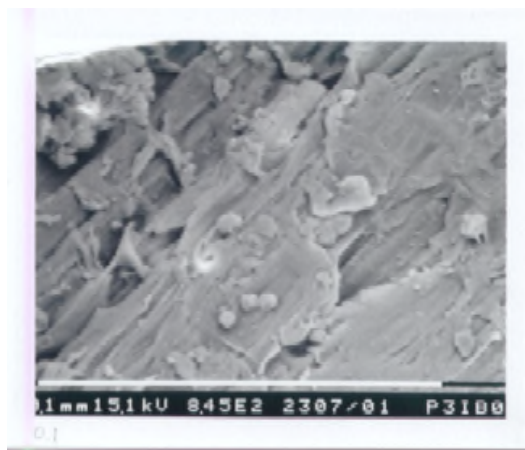
Strukturmikro Jerami

Strukturmikro jerami sebelum dan sesudah dimodifikasi, yang dilihat dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* dengan perbesaran 845 kali, ditunjukkan pada Gambar 1a, 1b dan 1c berikut ini.



Gambar 1a. Strukturmikro jerami sebelum modifikasi

Pada Gambar 1a terlihat adanya gumpalan-gumpalan putih yang menutupi serat jerami, yang mana gumpalan tersebut merupakan pengotor seperti zat-zat organik, debu dan lain sebagainya. Dengan adanya pengotor ataupun pigmen luar yang dapat menimbulkan warna pada air hasil olahannya, maka terhadap jerami perlu dilakukan modifikasi terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan sebagai bahan penyerap.



Gambar 1b. Strukturmikro jerami hasil modifikasi



Gambar 1c. Strukturmikro jerami hasil modifikasi secara kimia secara sonikasi

Modifikasi jerami yang dilakukan secara kimia dengan menggunakan bahan campuran 0,2 N H_2SO_4 dan *formaldehida* 35 % memberikan hasil jerami dengan strukturmikro seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1b, dengan adanya modifikasi secara kimia tidak terlihat lagi adanya gumpalan-gumpalan putih yang menutupi serat jerami seperti yang terlihat pada Gambar 1a. Hal ini karena pengotor ataupun pigmen luar yang menutupi serat jerami telah larut oleh campuran 0,2 N H_2SO_4 dan *formaldehida* 35 %. Akan tetapi pada Gambar 1b terlihat adanya pembelahan serat jerami yang disebabkan karena penggunaan bahan kimia.

Untuk menghemat penggunaan bahan kimia bahkan meniadakannya maka dilakukan modifikasi jerami dengan cara sonikasi menggunakan alat ultrasonik jenis *cleaning bath*. Pada modifikasi secara sonikasi tidak diperlukan bahan kimia, hanya digunakan air sebagai media larutan. Modifikasi jerami secara sonikasi memberikan hasil jerami dengan strukturmikro seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1c. Pada Gambar 1c terlihat, bahwa jerami hasil modifikasi secara sonikasi terlihat lebih bersih dan tidak terjadi pembelahan serat

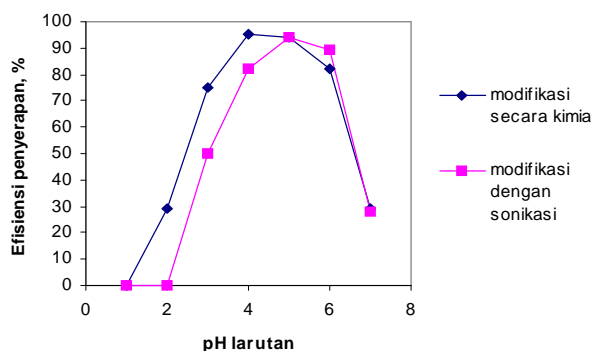
seperti yang terlihat pada Gambar 2, yaitu pada modifikasi secara kimia. Dilihat dari hasil strukturmikro jerami terlihat, bahwa jerami yang dimodifikasi secara sonikasi lebih baik dibanding dengan cara kimia karena tidak terjadi pembelahan serat, akan tetapi perlu dilihat modifikasi secara sonikasi memberikan efisiensi penyerapan terhadap logam berat lebih tinggi dibandingkan dengan jerami hasil modifikasi secara kimia.

Penyerapan Pb oleh Jerami Hasil Modifikasi

Untuk mengetahui jerami hasil sonikasi bisa dimanfaatkan sebagai bahan penyerap terhadap logam berat Pb, dilakukan percobaan penyerapan logam Pb oleh jerami yang dimodifikasi secara sonikasi maupun secara kimia. Dari kedua hasil tersebut bisa dilihat apakah jerami yang modifikasi secara sonikasi layak untuk penyerapan logam berat atau tidak.

Pengaruh pH Larutan Umpam

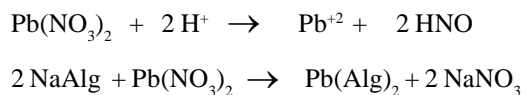
Percobaan penyerapan logam berat Pb oleh jerami termodifikasi dilakukan dengan menggunakan larutan umpam Pb nitrat dengan konsentrasi Pb 10 mg/L. Larutan Pb nitrat sebanyak 50 mL dikontakkan dengan 0,5 g jerami dengan ukuran lolos ayakan 40 mesh pada gelas Baker 150 mL, kemudian diaduk secara pelan-pelan dengan menggunakan pengaduk magnet selama 20 menit. Setelah proses penyerapan selesai, jerami dipisahkan dan *effluent* dianalisis kandungan Pb dengan menggunakan Spektrofometer UV-VIS DMS 100. Pada percobaan ini pH larutan umpam divariasikan dari 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7.



Gambar 2. Pengaruh pH larutan umpam terhadap penyerapan timbal oleh jerami. Pada konsentrasi Pb 10 mg/L, waktu kontak 10 menit, ukuran jerami lolos ayakan 40 mesh, perbandingan larutan umpam terhadap jerami 50 mL : 0,5 g.

Dari Gambar 2 terlihat, bahwa pada penyerapan Pb oleh jerami yang termodifikasi secara kimia ataupun sonikasi, kenaikan pH dari 1 sampai dengan 6 akan menaikkan jumlah Pb yang terserap oleh jerami, akan tetapi untuk pH 7 terjadi penurunan efisiensi penyerapan, karena pada pH tersebut terjadi endapan putih Pb(OH)₂

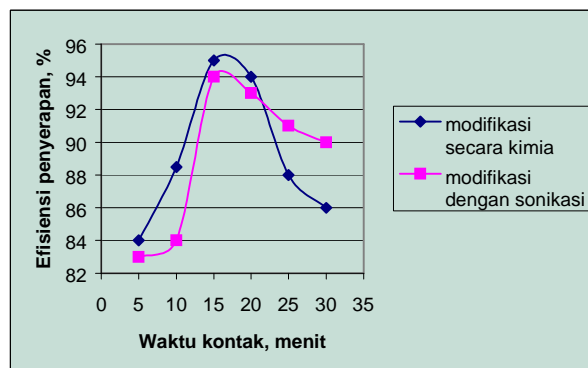
pada larutan umpam sehingga proses penyerapan tidak efisien lagi. Hal ini dikarenakan permukaan jerami tertutup oleh endapan yang terbentuk, sehingga mempengaruhi proses penyerapan. Untuk pH di bawah 7 kenaikan pH menaikkan efisiensi penyerapan, hal ini bisa dilihat pada reaksi berikut ini :



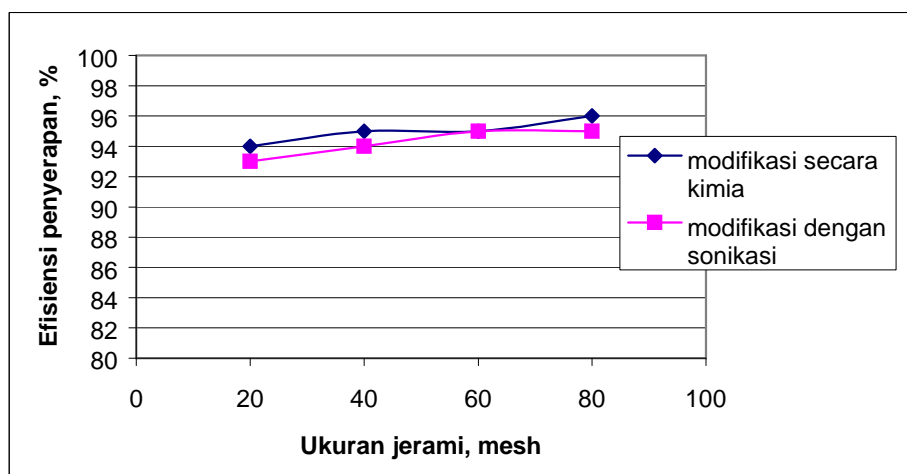
Melihat reaksi yang terjadi pada proses penyerapan Pb oleh alginat tersebut terlihat bahwa dengan kenaikan H⁺ atau dengan perkataan lain pH berkurang (pH berbanding terbalik dengan H⁺), akan mempermudah lepasnya ion NO₃⁻ dari Pb(NO₃)₂ yang selanjutnya membentuk HNO₃. Sedangkan Pb⁺² akan bereaksi NaAlg membentuk kompleks Pb(Alg)₂. Dengan demikian kenaikan pH (penurunan H⁺) akan menurunkan efisiensi penyerapan Pb oleh jerami. Akan tetapi pada percobaan ini terjadi sebaliknya, yaitu dengan kenaikan pH akan menaikkan efisiensi penyerapan, hal ini kemungkinan disebabkan karena semakin tinggi pH larutan umpam, berarti tingkat kekeruhan larutan semakin tinggi (pH di atas 7 terbentuk endapan), sehingga proses penyerapan Pb oleh jerami terjadi dua ikatan yaitu ikatan secara fisis dan secara penukar ion sehingga efisiensi penyerapan mengalami kenaikan. Dari percobaan ini terlihat tidak terjadi perbedaan efisiensi penyerapan yang signifikan, antara modifikasi jerami secara kimia dengan modifikasi secara sonikasi.

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyerapan

Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penyerapan Pb oleh jerami termodifikasi ditunjukkan pada Gambar 3. Pengerjaan percobaan sama seperti pada percobaan pengaruh pH larutan terhadap penyerapan Pb, hanya kondisi operasinya sedikit berbeda, yaitu pada percobaan ini pH larutan ditetapkan 5 dan waktu



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan timbal oleh jerami, Pada konsentrasi Pb 10 mg/L, pH larutan umpam 5, ukuran jerami lolos ayakan 40 mesh, perbandingan larutan umpam terhadap jerami 50 mL : 0,5 g.



Gambar 4. Pengaruh ukuran jerami terhadap penyerapan Pb, Pada konsentrasi Pb 10 mg/L, pH larutan umpan 5, waktu kontak 2 menit, perbandingan larutan umpan terhadap jerami 50 mL : 0,5 g.

percobaan divariasikan dari 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 dan 40 menit.

Dari Gambar 3 di atas ditunjukkan, bahwa proses penyerapan Pb oleh jerami yang termodifikasi secara sonikasi memberikan efisiensi penyerapan maksimum sedikit lebih rendah dibandingkan dengan efisiensi penyerapan Pb oleh jerami yang dimodifikasi secara kimia. Akan tetapi dengan perpanjangan waktu kontak terjadi penurunan efisiensi penyerapan yang disebabkan karena Pb yang terikat secara fisis yang sifatnya kurang kuat akan terlepas. Pada modifikasi secara sonikasi penurunan efisiensi ini tidak sebesar penurunan efisiensi pada penyerapan Pb oleh jerami yang dimodifikasi secara kimia. Hal ini dikarenakan pada modifikasi secara kimia terjadi pembelahan atau kerusakan serat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1b, sehingga penyerapan Pb secara fisis lebih banyak terjadi yang mengakibatkan terjadinya pelepasan Pb pada perpanjangan waktu kontak. Pada modifikasi secara sonikasi tidak terjadi pembelahan atau kerusakan serat, sehingga ikatan fisis antara Pb dengan jerami lebih sedikit dibandingkan dengan jerami yang dimodifikasi secara kimia. Dari hasil percobaan ini dapat disimpulkan bahwa jerami yang dimodifikasi secara sonikasi lebih kuat mengikat logam berat Pb.

Ukuran Jerami

Secara teoritis ukuran jerami akan mempengaruhi daya serap jerami itu sendiri, karena semakin kecil ukuran jerami, luas permukaannya akan semakin bertambah, sehingga bertambah pula daya serapnya. Akan tetapi apabila ukuran jerami terlalu kecil, hal ini akan berpengaruh terhadap fungsi daripada jerami itu sendiri, yaitu sebagai media penyaring, dan akan terikut dalam *effluent*. Ukuran jerami yang merupakan salah satu parameter pada percobaan ini, akan dipelajari ukuran jerami yang lolos ayakan 20, 40, 60, dan 80 mesh. Hasil percobaan ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.

Dari Gambar 4 tersebut terlihat, bahwa ukuran jerami baik yang termodifikasi secara kimia maupun sonikasi yang lolos ayakan 20 sampai dengan 80 mesh memberikan hasil penyerapan Pb yang tidak jauh berbeda. Hal ini disebabkan karena perbedaan luas permukaan jerami pada ukuran kisaran tersebut di atas tidak jauh berbeda, sehingga daya serapnya juga tidak jauh berbeda. Dari percobaan ini dapat disimpulkan, bahwa ditinjau dari ukuran jerami, baik yang termodifikasi secara kimia maupun sonikasi, memberikan perbedaan hasil yang tidak signifikan terhadap penyerapan Pb.

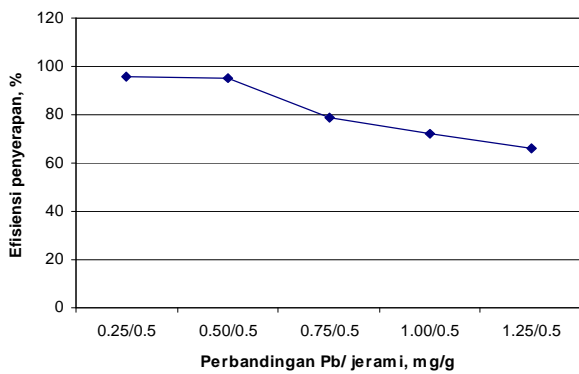
Pengaruh Perbandingan Larutan Pb dengan Jerami atau Sebaliknya Terhadap Efisiensi Penyerapan

Percobaan pengaruh perbandingan larutan umpan terhadap jerami dilakukan terhadap jerami yang dimodifikasi secara sonikasi. Dilakukan dengan cara mengontakkan larutan Pb yang divariasikan konsentrasinya, dari 5, 10, 15, 20, dan 25 mg/L sebanyak 50 mL dengan jerami sebanyak 0,5 g (tetap) dan pH larutan 5. Hasil percobaan ditunjukkan pada Gambar 5 berikut ini.

Dari Gambar 5 terlihat bahwa pada percobaan pengaruh perbandingan Pb terhadap jerami (jerami tetap) menunjukkan, bahwa dengan kenaikan jumlah Pb dalam larutan umpan, prosentase efisiensi penyerapan berkurang. Hal ini disebabkan karena kemampuan jerami untuk menyerap Pb terbatas, yaitu dibatasi oleh perbandingan stoikiometri antara Pb^{+2} dengan senyawa alginat yang ada pada jerami. Dari Gambar 5 tersebut dapat disimpulkan, bahwa perbandingan optimum antara Pb dan jerami yaitu 0,5 mg Pb dan 0,5 g jerami.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan penyerapan logam berat Pb oleh jerami yang termodifikasi secara sonikasi dapat disimpulkan, bahwa jerami yang dimodifikasi secara



Gambar 5. Pengaruh perbandingan Pb dengan jerami terhadap efisiensi penyerapan. Percobaan dilakukan pada konsentrasi Pb 10 mg/L, pH larutan umpan 5, waktu kontak 20 menit, ukuran jerami lolos ayakan 40 mesh, Volume larutan umpan 50 mL.

sonikasi layak dimanfaatkan sebagai bahan penyerap logam berat Pb, karena memberikan hasil efisiensi penyerapan yang tidak jauh berbeda dengan jerami yang dimodifikasi secara kimia. Dari hasil percobaan diperoleh efisiensi penyerapan 94 % untuk larutan Pb 10 mg/L sebanyak 50 mL, pH larutan 5 dan waktu kontak 20 menit dan jumlah jerami 0,5 g. Bila dibandingkan dengan modifikasi secara kimia, modifikasi secara sonikasi lebih menguntungkan karena jerami hasil sonikasi tidak mengalami kerusakan atau pembelahan serat, ikatan dengan logam lebih kuat dan tidak memerlukan bahan kimia.

DAFTARACUAN

- [1]. SITI WARDIYATI dan WILDAN ZAKIAH LUBIS, Pemanfaatan Jerami untuk Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb), *Prosiding Pertemuan Iptek Bahan'02*, (2002) 281-285
- [2]. DESWITA, ALOMA KARO KARO dan SUDIRMAN, Pengaruh Penambahan Filler Jerami Terhadap Sifat Mekanik dan Termal Komposit Berbasis Polipropilena, *Prosiding Pertemuan Iptek Bahan'02*, (2002) 225-228
- [3]. SITI WARDIYATI, WILDAN ZAKIAH LUBIS, SUTISNA, SUMARDJO dan ARI HANDAYANI, Pemanfaatan Zeolite Alam untuk Pemurnian Air Minum, *Seminar Nasional Kimia 2002*, Jurusan FMIPA UNNES – UNDIP Semarang
- [4]. SARYATI, SUMARDJO, SUTISNA, ARI HANDAYANI dan SITI SUPRPTI, Karakterisasi Arang Pasaran untuk Pemurnian Air, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **3** (1) (2001) 20-26
- [5]. JUMIARTI, JUNE MELAWATI, SURIPTO dan MARYOTO, Penyerapan Ion Logam Berat Dalam Larutan oleh Sabut Kelapa Sawit, *Hasil-Hasil Penelitian Aplikasi Isotop dan Radiasi*, BATAN (1994)

- [6]. RANDALL J.M., HAUTALA, E, WAISS Jr.A.C., KUHNLE J.A., *United States Patent*, 3,944,415, (1976)
- [7]. MASON, T.J, *Sonochemistry*, Oxford University Press Inc., New York, (1999)
- [8]. TRI DARWINTO, Degradasi Lignin Kayu Jati (*Tectona Grandis L.*), Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, (1994)
- [9]. SITI WARDIYATI, Penentuan Timbal (Pb) Dengan Metoda Spektrofotometri, *Laporan Teknis P3IB 301002/2002*, BATAN
- [10]. ZYGMUNT MARCZENKO, *Separation and Spectrophotometric Determination of Elements*, Ellis Horwood Limited England, (1986), 343-349.