

ADSORPSI TIMBAL (Pb) DALAM LARUTAN MENGGUNAKAN ADSORBEN RADIX ALANG-ALANG (*Imperata cylindrica*) TERMODIFIKASI ASAM SITRAT

Nanik Andar Miningsih^{*}, Dien Iffa Hidayatin, Ajeng Wijareni, Siti Indana Isdiyanti,
Laeli Kurniasari

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236

^{*}Email: andarnanik10@gmail.com

Abstrak

Logam timbal menjadi salah satu sumber pencemar yang mempunyai tingkat toksisitas tinggi di lingkungan. Metode adsorpsi menggunakan radix alang-alang (*Imperata cylindrica*) yang dimodifikasi secara kimia dengan NaOH 0,1 M dan asam sitrat 1,2 M merupakan salah satu upaya untuk menurunkan konsentrasi logam timbal. Modifikasi adsorben dilakukan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH dan waktu kontak terhadap adsorpsi oleh radix alang-alang termodifikasi. Metode penelitian ini meliputi 4 tahap. Tahap preparasi adsorben, modifikasi kimia, adsorpsi, dan analisis Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi pH 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan variasi waktu kontak 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 jam. Hasil penelitian menunjukkan kondisi terbaik adsorpsi terjadi pada pH 6 dan waktu kontak 2,5 jam dengan kapasitas adsorpsi yang dicapai sebesar 3,1490 mg/g.

Kata kunci: adsorben, adsorpsi, alang-alang, modifikasi, timbal

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah industri dan penduduk membawa akibat bertambahnya beban pencemaran yang disebabkan oleh pembuangan limbah industri dan domestik. Pencemaran lingkungan oleh logam berat menjadi masalah yang cukup serius seiring dengan penggunaan logam berat dalam bidang industri yang semakin meningkat (Rahman, 2012).

Salah satu logam berat yang terus meningkat konsentrasinya dalam perairan adalah timbal (Pb). Sejak mulai digunakannya Pb di berbagai sektor industri, terus mengancam kehidupan di muka bumi. Sumber-sumber pencemaran Pb antara lain peleburan dan pemurnian Pb, pabrik kuningan, pembakaran bahan bakar yang mengandung Pb, pembuatan baterai, pabrik alkali Pb, cat Pb, pemakaian Pb arsenat pada pertanian, pembakaran bidang yang dicat, serta pembakaran plastik atau bahan lain yang mengandung Pb. Keberadaan logam berat di lingkungan juga dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat pada tubuh. Daya racun yang dimiliki logam berat akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Lebih jauh lagi, logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia (Rahmayani dkk., 2007).

Menimbang bahaya dan kerugian yang ditimbulkan oleh cemaran logam berat, maka berbagai metode telah banyak digunakan dalam pengolahan limbah logam berat, diantaranya adalah adsorpsi, presipitasi, filtrasi, oksidasi atau reduksi, elektrokimia, pertukaran ion dan teknologi membrane (Hartati dkk., 2011; De Souza dkk., 2012). Diantara metode-metode tersebut adsorpsi merupakan metode yang paling umum dipakai karena memiliki konsep yang lebih sederhana dan dapat diregenerasi serta ekonomis dibandingkan metode lainnya yang membutuhkan biaya yang tidak sedikit (Darmayanti dkk., 2012; Hasrianti, 2012; Imawati, 2015).

Dewasa ini telah dikembangkan metode adsorpsi dengan menggunakan biomassa tumbuhan. Salah satu sumber biomassa tumbuhan tersebut adalah rumput alang-alang (*Imperata cylindrica*). Menurut *Natural Research Institute* (NRI), *International Rubber Research Institute* (IRRI), dan *International Centre for Research in Agroforestry* (ICRAF), 1996, alang-alang merupakan rumput tahunan yang memerlukan nutrisi yang rendah untuk dapat tumbuh dengan baik. Alang-alang dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang subur dan tidak subur, juga pada tanah berpasir dan tanah gambut. Alang-alang dapat bertahan pada kondisi yang kering dalam waktu yang lama dan pada tanah yang basah, tetapi tidak dapat bertahan lama pada genangan air. Sebagai tumbuhan pionir,

alang-alang dapat beradaptasi dengan baik pada areal yang diganggu oleh manusia (Harahap, 2006).

Sebagai salah satu biomassa, tanaman alang-alang dilaporkan mengandung gugus-gugus fungsi seperti gugus hidroksil, karboksil, metil dan amina (Hardini, 2009). Gugus-gugus fungsi tersebut dapat berinteraksi dengan logam, termasuk logam berat seperti Pb. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman alang-alang mempunyai potensi untuk digunakan sebagai adsorben logam Pb. Penggunaan akar alang-alang sebagai adsorben logam berat Pb ini memiliki potensi yang cukup besar mengingat tanaman ini banyak tersedia di alam, murah dan sekaligus dapat merehabilitasi lahan. Luas lahan kritis di Indonesia yang biasanya didominasi oleh alang-alang adalah sebesar 27,295 juta hektar (BPS, 2012). Selain itu biomassa merupakan bahan yang bersifat biodegradabel sehingga ramah lingkungan.

Namun demikian, kemampuan biomassa akar alang-alang dalam menyerap ion logam relatif rendah, maka diperlukan modifikasi kimia untuk dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi biomassa. Modifikasi biomassa dapat dilakukan dengan cara menambah jumlah gugus karboksil pada permukaan biomassa menggunakan asam atau basa.

Berdasarkan potensi bahwa alang-alang mampu mengikat ion logam serta keberadaannya yang mudah diperoleh dengan harga murah, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh pH dan waktu kontak menggunakan alang-alang sebagai bahan alternatif untuk adsorben logam Pb.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akar alang-alang, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, NaOH, Citric Acid, Asam Nitrat, dan Aquadest.

2.2 Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Oven, *stirrer magnetic*, neraca analitik, ayakan 100 mesh, corong, vakum drying, cawan porselin, peralatan gelas (beaker glass, pipet volume, labu takar, gelas ukur, erlenmeyer). Untuk analisis hasil adsorpsi digunakan spektrofotometer serapan atom (AAS).

2.3. Prosedur Penelitian

2.3.1. Persiapan Bahan Baku

Akar rumput alang-alang dicuci bersih kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari hingga akar rumput alang-alang kering. Selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 55°C . Sampel yang telah kering kemudian diblender sampai halus dan kemudian diayak dengan ukuran partikel 100 mesh. Serbuk akar alang-alang ini sebagai adsorben tanpa modifikasi atau simplisia.

2.3.2. Modifikasi Adsorben

Larutan 0,1 M NaOH sebanyak 20 mL untuk setiap gram simplisia. Aduk keduanya selama 2 jam kemudian supernatant dibuang. Selanjutnya dicuci dengan aquadest dan dikeringkan dalam oven pada suhu 55°C selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan modifikasi dengan asam sitrat 1,2 M dengan perbandingan 8,3 mL/gram. Kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *stirrer magnetic* selama 30 menit. Hasil dari pengadukan tersebut kemudian disaring, selanjutnya dikeringkan pada suhu 55°C dan setelah 24 jam suhu dinaikkan menjadi 120°C selama 90 menit. Terakhir, residu dicuci berulang kali dengan aquadest dan dikeringkan selama 24 jam pada suhu 55°C (De Souza dkk., 2012).

2.3.3. Penentuan pH Terbaik Adsorpsi

Menyiapkan 25 mL larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 100 mg/L untuk masing-masing variasi pH 2, 3, 4, 5, 6 dan 7. pH larutan diatur menggunakan NaOH 1 N dan HNO_3 . Kemudian 0,5 gram adsorben termodifikasi dicampurkan ke dalam larutan dengan pH tertentu. Campuran diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 90 menit pada suhu 25°C . Menyaring filtrate menggunakan kertas saring Whatman. Konsentrasi logam timbal sebelum dan sesudah adsorpsi dianalisis menggunakan AAS.

2.3.4. Penentuan Waktu Kontak Terbaik Adsorpsi

Proses menentukan waktu kontak dimulai dengan menyiapkan masing-masing 25 mL larutan $Pb(NO_3)_2$ 100 mg/L untuk variable waktu 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 jam. Larutan diatur pada pH terbaik. Selanjutnya dilakukan proses adsorpsi dengan menambahkan 0,5 gram adsorben dan pencampuran menggunakan magneti stirrer sesuai variable waktu.

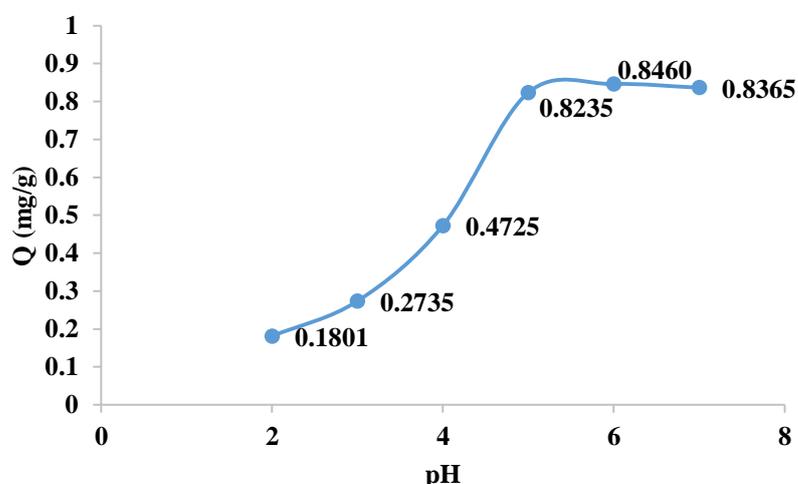
2.3.5. Analisa Morfologi

Pada analisis ini disiapkan simplisia tanpa modifikasi dan simplisia termodifikasi masing-masing 0,5 gram. Kemudian dilakukan analisa SEM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. pH Terbaik Adsorpsi

Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi logam timbal (Pb) oleh adsorben *Imperata cylindrica* termodifikasi terlihat seperti pada gambar 1.

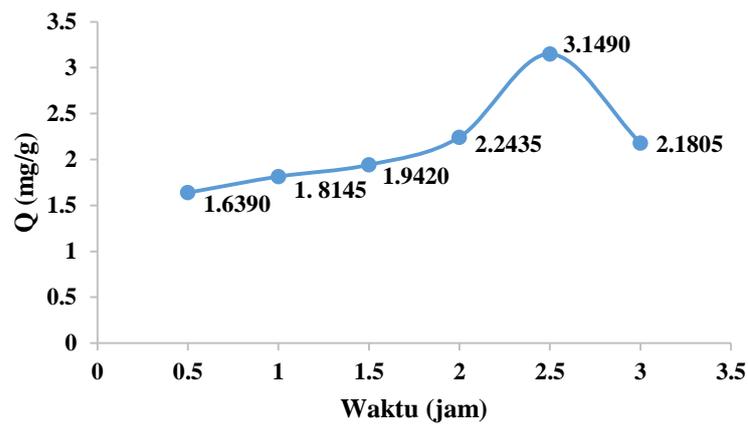


Gambar 1. Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi Pb

Dari gambar 1 menunjukkan bahwa adsorpsi Pb menggunakan adsorben radix alang-alang termodifikasi terjadi secara maksimal pada pH 6 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0.8460 mg/g. Hal ini serupa dengan penelitian Agustiningtyas (2012) mengenai optimasi adsorpsi ion $Pb(II)$ dan Mukhtar (2013) dalam adsorpsi bahan pencemar Pb. Dari hasil penelitian adsorpsi Pb terbaik terjadi pada pH 6. Peningkatan pH menyebabkan adsorpsi Pb semakin bertambah, tetapi pada suatu saat dengan meningkatnya pH akan terjadi kesetimbangan adsorpsi yaitu pada pH terbaik untuk adsorpsi. Kesetimbangan tercapai ketika semua pertukaran logam Pb dan kation pada permukaan luar dan dalam adsorben telah tercapai (Said, 2008). Hal ini berhubungan dengan protonasi atau deprotonasi permukaan sisi aktif dari adsorben.

Pada pH rendah dan bersifat asam akan menyebabkan permukaan dinding biomassa terprotonasi sehingga adsorpsi logam terjadi sangat kecil. Konsentrasi ion H^+ akan naik dan akan terjadi kompetisi antara ion H^+ dan ion logam untuk bertukar tempat dengan kation lain pada sisi adsorben radix alang-alang. Sedangkan pada pH tinggi, permukaan dinding sel biomassa bermuatan negatif karena kompetisi ion H^+ sebagai kompetitor ion logam akan menurun sehingga adsorpsi menjadi lebih besar. Namun, pada pH di atas 6 kapasitas adsorpsi menurun. Hal ini karena ion Pb^{2+} pada pH tinggi sudah membentuk endapan $Pb(OH)_2$.

3.2. Waktu Kontak Terbaik Adsorpsi



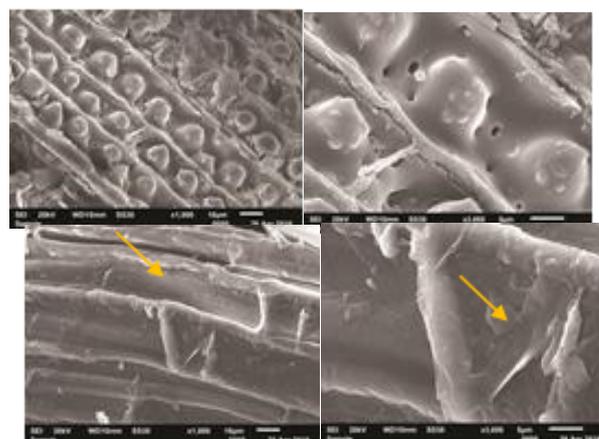
Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi

Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang juga berpengaruh terhadap adsorpsi Pb. Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh suatu adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam. Waktu terbaik merupakan waktu terjadinya kesetimbangan antara laju adsorpsi dan desorpsi (Alias dan Nizam, 2008). Pengikatan ion logam umumnya terjadi pada awal-awal reaksi dan pada reaksi selanjutnya akan berjalan seragam, atau bahkan bisa terjadi penurunan karena dinding sel biomassa sudah mengalami dekomposisi lebih lanjut (Jasmidi dkk., 2002).

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa waktu kontak terbaik terjadi pada waktu kontak 2,5 jam dengan kapasitas adsorpsi sebesar 3,1490 mg/g. Sedangkan pada waktu kontak 3 jam terjadi penurunan terhadap kapasitas adsorpsi. Peristiwa ini terjadi karena pada awalnya banyak sisi adsorben yang kosong sehingga kecenderungan larutan untuk terserap ke dalam adsorben semakin banyak dengan bertambahnya waktu kontak hingga tercapai waktu kesetimbangan (Said,2008). Namun pada waktu tertentu kapasitas adsorpsi akan menurun, hal ini kemungkinan terjadi desorpsi pada logam dari permukaan adsorben.

3.3. Analisa Morfologi

Gambar 2 dibawah ini menunjukkan hasil SEM pada adsorben *Imperata cylindrica* tanpa modifikasi dan termodifikasi asam sitrat dengan perbesaran 1000x dan 1500x.



Gambar 3. *Imperata cylindrica* tanpa modifikasi (A), *Imperata cylindrica* termodifikasi (B)

Karakterisasi morfologi permukaan *Imperata cylindrica* menggunakan SEM untuk mengetahui keberhasilan dalam modifikasi. Pada adsorben termodifikasi asam sitrat terdapat

tambahan gugus karboksil yang menyebabkan permukaannya tidak seragam sehingga dalam proses adsorpsi dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi. Hal ini ditunjukkan hilangnya pengotor dari dinding radix alang-alang. Sedangkan pada adsorben tanpa modifikasi morfologi permukaannya cenderung seragam karena tidak ada tambahan gugus karboksil dari asam sitrat. Pada adsorben ini terlihat bulatan yang menonjol yang kemungkinan merupakan zat pengotor pada radix alang-alang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kondisi terbaik adsorpsi terjadi pada pH 6 dan waktu kontak 2,5 jam dengan kapasitas adsorpsi 3,1490 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kemenristekdikti yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa Penelitian (PKMP) tahun 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningtyas, Zurida., (2012), Optimisasi Adsorpsi Ion Pb(II) Menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi Ditizon, *Skripsi*, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Alias, Mohd Yusof dan Nik Ahmad Nizam., (2009), Removal of Cr(IV) and As(V) from Aqueous Solution by HDMTA-modified zeolite Y, *Journal of Hazard Materials*, Vol 162: 1019-1024.
- Badan Pusat Statistik (BPS), 2012. *Luas dan Penyebaran Lahan Kritis*. www.bps.go.id. Diakses: 8 September 2015, jam 14.35.
- De Souza, Joao. V. T. M., Kristiany M. Diniz., Cristina L.Massocatto., Cesar R.T, Tarley., Josiano Caetano., Douglas C.Dragunski., (2012), Removal of Pb(II) from aqueous solution with orange sub-Products chemically modified as biosorbent, *BioResources*, 7(2), hal. 2300-2318.
- Harahap, A. M., (2006), Motif Pembakaran Padang Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) di Daerah Tapanuli Selatan, *Skripsi*, Program Studi Budidaya Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Hardini, R.Ina R., Awini F., dan Noer K., (2009), Pemanfaatan Rumput Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) sebagai Biosorben Cr(VI) pada Limbah Industri Sasirangan dengan Metode Teh Celup, *Sains dan Terapan Kimia*, 2(1), hal. 57-73.
- Hartati, I., Indah Riwayat., Laeli Kurniasari., (2011), Potensi Xanthate Pulp Kopi sebagai Adsorben pada Pemisahan Ion Timbal dari Limbah Industri Batik, *Momentum*, Vol. 7, No. 2, Oktober 2011 : 25- 30.
- Hasrianti., (2012), Adsorpsi Ion Cd²⁺ dan Cr⁶⁺ pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong, *Tesis*, Program Pasca Sarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Imawati, Anita., Adhitiyawardman., (2015), Kapasitas Adsorpsi Maksimum Ion Pb(II) oleh Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi HCl dan H₃PO₄, *JKK*, Tahun 2015, Volume 4(2), halaman 50-61.
- Jasmidi, E. Sugiharto., dan Mudjiran., (2002), Pengaruh Lama dan Kondisi Penyimpanan Biomassa terhadap Biosorpsi Timbal (II) dan Seng (II) oleh Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*, *Indonesian Journal of Chemistry* : 11-15.
- Mukhtar, Misrawati., (2013), Adsorpsi Bahan Pencemar Logam Pb menggunakan Vermikompos Sargassum, *Tesis*, Program Pasca Sarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Rahman, N., Darmayanti, Supriadi., (2012), Adsorpsi Timbal (Pb) dan Zink (Zn) dari Larutannya Menggunakan Arang Hayati (Biocharcoal) kulit Pisang Kepok Berdasarkan Variasi pH, Pendidikan Kimia, Universitas Tadulako, Palu.
- Rahmayani, Rina Evi., Mifbakhudin., Trixie Salawati., (2007), Hubungan Lama Paparan dan Masa Kerja dengan Konsentrasi Timbal Darah Kondektur Angkota Jalan Raya di Ambarawa, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Said, Nurul Faradilah., dan Nurul Widiastuti., (2008), Adsorpsi Cu(II) pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT Ipmomi Paiton, *Jurnal Zeolit Indonesia*, Vol. 7 No. 1. Mei 2008.