



PEMANFAATAN ARANG AKTIF KULIT PISANG RAJA UNTUK MENURUNKAN KADAR ION Pb(II)

Metta Sylviana Dewi^{*}), Eko Budi Susatyo dan Endang Susilaningsih

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima September 2015
Disetujui Oktober 2015
Dipublikasikan November 2015

Kata kunci:
arang aktif
kulit pisang raja
ion Pb(II)
adsorpsi

Abstrak

Penelitian ini mengkaji mengenai adsorpsi ion logam Pb(II) menggunakan arang kulit pisang raja teraktivasi H_2SO_4 . Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik arang aktif kulit pisang raja yang baik, menentukan pH, waktu kontak, konsentrasi optimum, dan menentukan kapasitas serta energi adsorpsinya. Hasil karakteristik arang aktif kulit pisang raja yang baik adalah arang kulit pisang raja teraktivasi H_2SO_4 2,5 M dengan daya serap iodin sebesar 425,4424 mg/g, kadar air sebesar 0,64%, kadar abu sebesar 2,41%, luas permukaan sebesar 3,431 m^2/g dan rata-rata jari-jari pori sebesar 32,3493 Å. Optimasi pH proses adsorpsi terjadi pada pH 4, waktu kontak adsorpsi yang dibutuhkan adalah 20 menit, dan konsentrasi optimum pada adsorpsi Pb(II) dalam larutan oleh arang aktif terjadi pada 100 ppm. Kapasitas adsorpsi Pb(II) oleh arang kulit pisang raja teraktivasi H_2SO_4 diperoleh dari isotherm adsorpsi *Langmuir* sebesar 16,3666 mg/g dan energi adsorpsi ion Pb(II) oleh arang kulit pisang raja teraktivasi H_2SO_4 sebesar 16,0103 kJ/mol.

Abstract

This study investigated about Pb(II) ion adsorption using plantain peel charcoal activated by H_2SO_4 . The purpose of this study is to determine the characteristics of good plantain peel activated charcoal, determine pH, contact time, optimum concentration, and determine the adsorption capacity and energy. Characteristics results of plantain peel activated charcoal which are good to be used as Pb(II) ion adsorbent are plantain peel charcoal activated by H_2SO_4 2.5 M with iodine adsorption number of 425.4424 mg/g, water content of 0.64 %, ash content of 2.41%, surface area of 3.431 m^2/g and average pore radius of 32.3493 Å. pH optimization of adsorption process occurred at pH 4, adsorption contact time required is 20 minutes, and optimum concentration on Pb(II) adsorption by activated charcoal in solution occurred at 100 ppm. Pb(II) adsorption capacity of plantain peel charcoal activated by H_2SO_4 was obtained from Langmuir isotherm of 16.3666 mg/g and Pb(II) ion adsorption energy of plantain peel charcoal activated by H_2SO_4 of 16.0103 kJ/mol.

Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk semua makhluk hidup. Apabila air telah tercemar maka kehidupan manusia akan terganggu. Faktor terbesar pencemaran air adalah meningkatnya jumlah industri dan penduduk yang berarti semakin banyak pula pembuangan limbah industri dan domestik. Zat-zat pencemar dalam lingkungan air umumnya adalah ion logam berat seiring dengan penggunaannya dalam bidang industri yang semakin meningkat. Ion logam Pb(II) merupakan salah satu jenis ion logam berat limbah bahan beracun dan berbahaya (B3) yang dapat mencemari lingkungan. Sumber terbanyak limbah ion Pb(II) adalah air buangan dari pertambangan bijih timah hitam, industri kaca, dan pengecoran logam. (Zulfikar, *et al.*; 2014)

Usaha-usaha pengendalian ion logam berat belakangan ini semakin berkembang untuk menghilangkan ion logam berat yang terdapat di dalam air tercemar, diantaranya pertukaran ion (*ion exchange*), pemisahan dengan membran, dan adsorpsi menggunakan adsorben konvensional seperti zeolit, alumina, dan lain-lain. (Hasrianti; 2012). Metode-metode tersebut memiliki kemampuan adsorpsi yang baik tetapi membutuhkan infrastruktur yang mahal, oleh karena itu diperlukan suatu sistem penghilangan logam yang berskala kecil, ekonomis, efektif dan inovasi metode yang diciptakan sendiri yaitu menggunakan sistem adsorpsi dengan arang aktif (Riapanitra dan Andreas; 2010). Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh suatu padatan terhadap suatu zat yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam. (Atkins; 1999). Sedangkan arang aktif dapat dibuat dengan mengaktivasi berbagai macam jenis arang yang bersumber dari limbah pertanian yang akan digunakan sebagai adsorben.

Limbah pertanian yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit pisang raja karena upaya pemanfaatan jenis pisang tersebut sebagai adsorben ion logam berat masih sangat jarang dilakukan padahal apabila ditinjau keberadaannya jenis kulit pisang raja sangat mudah ditemukan. Selain keberadaannya, kulit pisang raja memiliki kandungan selulosa dan pektin cukup besar yang berpotensi untuk digunakan sebagai alternatif bahan baku adsorben ion logam berat. Hal ini dibuktikan oleh Hanum, *et al.* (2012) yang telah melakukan

ekstraksi pektin dari kulit buah pisang raja dengan rendemen pektin yang dihasilkan dari kulit pisang raja adalah 59% dalam 10 gram kulit pisang.

Gugus aktif pektin dan selulosa pada dasarnya adalah gugus hidroksil dan karboksil. Namun apabila kulit pisang raja dilakukan pengurangan yang memerlukan suhu yang tinggi maka gugus aktif yang terdapat pada pektin dan selulosa kulit pisang raja akan menguap sehingga tinggal atom karbon yang terletak pada setiap sudutnya. Ketidakefektifan penataan cincin segi enam yang dimiliki arang kulit pisang raja ini, mengakibatkan tersedianya ruang-ruang dalam struktur arang kulit pisang raja yang memungkinkan adsorbat masuk ke dalamnya. Peningkatan jumlah adsorbat yang masuk ke dalam struktur arang kulit pisang raja tersebut berhubungan dengan jumlah pori-pori arang kulit pisang raja sebagai adsorben. Pembentukan pori-pori tersebut memerlukan suatu aktivator yang berfungsi untuk mengaktifkan permukaan arang kulit pisang raja sehingga kemampuan daya serapnya menjadi lebih baik. Aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah H_2SO_4 karena selain berperan untuk mengaktifkan permukaan arang kulit pisang raja juga mempunyai sifat higroskopis yang dapat menyerap kandungan air yang terdapat pada arang kulit pisang raja sehingga kualitas arang aktif semakin baik untuk digunakan sebagai adsorben.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan pembuatan arang kulit pisang raja teraktivasi H_2SO_4 . Hasil karakteristik arang aktif yang baik kemudian digunakan sebagai penyerap ion Pb(II) dalam larutan dengan pengaruh pH, waktu kontak, dan konsentrasi, serta mengetahui kapasitas dan energi adsorpsinya terhadap ion Pb(II).

Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer serapan atom *AA-6200 Atomic Absorption Flame Emission Spectrophotometer Shimadzu*, *BET NOVA 1200e Surface Area & Pore Size Analyzer*, oven, neraca analitik *Denver Instrument*, dan *furnace*. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah H_2SO_4 dengan *grade pro analyst* buatan *Mallinckrodt*, $Pb(NO_3)_2$, HNO_3 , $NaOH$, iodin, KI , $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, $KBrO_3$ dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*, aquades, amilum, dan kulit pisang raja.

Preparasi arang aktif kulit pisang raja dilakukan dengan memotong kulit pisang raja kecil-kecil, kemudian mencuci dan dilanjutkan pengeringan dengan sinar matahari. Kulit pisang raja yang telah kering dimasukkan ke dalam drum (alat pembuatan arang) dan membakar kulit pisang sampai menjadi arang. Arang yang dihasilkan diayak melewati ayakan 100 mesh. (Darmayanti, *et al.*; 2012).

Aktivasi arang kulit pisang dilakukan dengan cara mencampur 100 g arang ke dalam agen aktivasi H₂SO₄ dengan variasi konsentrasi H₂SO₄ 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 dan 3,0 M dalam *beaker glass* dan diaduk selama 2 jam dengan menggunakan *orbital shaker* untuk membuat reagen terserap seluruhnya dengan serbuk kulit pisang. Selama pengadukan, *beaker glass* ditutup dengan aluminium foil untuk mencegah kontaminasi. Selanjutnya serbuk kulit pisang di saring, residu yang diperoleh kemudian dicuci hingga pH netral. Kemudian dikeringkan dengan oven 105°C selama 3 jam. Setelah itu didinginkan dalam temperatur ruang dan selanjutnya disimpan dalam desikator untuk mencegah kontaminasi (Hoong; 2013). Arang aktif yang dihasilkan di uji karakteristiknya yang meliputi daya serap arang aktif terhadap iodin, kadar air, kadar abu, luas permukaan dan ukuran pori.

Arang aktif yang menunjukkan hasil karakteristik paling baik digunakan untuk adsorpsi ion Pb(II) dalam larutan. Parameter penentuan pH optimum adsorpsi ion Pb(II) dilakukan dengan cara mengontakkan 0,3 g arang aktif kulit pisang raja ke dalam 50 mL larutan Pb(II) 20 ppm dengan variasi pH 3,5; 4,0; 4,5; dan 5,0. Campuran di aduk dengan *orbital shaker* selama 40 menit dengan kecepatan putaran 150 rpm. Kemudian campuran disaring dan filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan AAS. (Darmayanti, *et al.*; 2012). pH optimum yang diperoleh digunakan untuk penentuan waktu kontak yang dibutuhkan dengan variasi 10, 20, 30, 40, dan 50 menit dan penentuan konsentrasi awal Pb(II) optimum dengan variasi 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, dan 110 ppm. (Philomina & Enoch; 2012). Data penentuan konsentrasi optimum digunakan untuk menentukan kapasitas dan energi adsorpsi ion Pb(II) oleh arang aktif kulit pisang raja.

Hasil dan Pembahasan

Uji karakteristik penentuan daya serap arang aktif kulit pisang raja terhadap iodin untuk mengetahui kemampuan adsorpsi arang aktif. Apabila arang aktif mempunyai kemam-

puan menyerap iodin yang tinggi berarti arang aktif memiliki struktur pori mikro dan mesopori yang banyak (Miranti; 2012). Jumlah pori arang aktif yang banyak menyebabkan tumbukan antara partikel iodin dan arang aktif meningkat, yang berarti jumlah molekul iodin yang diserap oleh arang aktif akan meningkat pula. Hasil daya serap arang aktif kulit pisang raja disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data penentuan daya serap arang aktif terhadap iodin

Konsentrasi aktivator H ₂ SO ₄ (M)	Iodin yang diserap (mg/g)
0,0	12,7319
1,0	413,2750
1,5	388,4308
2,0	370,2527
2,5	425,4424
3,0	376,1497

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa hasil daya serap arang aktif kulit pisang raja terhadap iodin yang paling besar adalah arang kulit pisang raja teraktivasi H₂SO₄ 2,5 M yaitu sebesar 425,4425 mg/g. Daya serap iodin yang besar terjadi karena berdasarkan hasil ukuran pori yang diperoleh dari SAA, arang aktif memiliki jari-jari pori yang sesuai untuk digunakan menyerap iodin sehingga menyebabkan jumlah molekul iodin yang diserap oleh arang aktif cukup besar. Sedangkan daya serap iodin oleh arang kulit pisang raja teraktivasi H₂SO₄ 3,0 M mengalami penurunan yaitu sebesar 376,1497 mg/g, hal ini disebabkan karena dengan konsentrasi yang cukup tinggi dapat menyebabkan rusaknya struktur pori yang terbentuk dari arang aktif tersebut sehingga jumlah pori arang aktif semakin sedikit dan berakibat pada penyerapan terhadap iod yang semakin kecil pula.

Uji karakteristik penentuan kadar air dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif. Penentuan kadar air yang baik pada arang aktif kulit pisang raja disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data penentuan kadar air

Konsentrasi aktivator H ₂ SO ₄ (M)	Kadar air (%)
0,0	29,4241
1,0	2,5547
1,5	4,2941
2,0	15,0047
2,5	0,6399
3,0	5,0184

Berdasarkan Tabel 2. kadar air arang aktif kulit pisang raja yang paling baik diperoleh pada

arang kulit pisang raja teraktivasi H_2SO_4 2,5 M yaitu sebesar 0,64%. Hal ini dikarenakan bahwa semakin kecil kadar air arang aktif, maka mutu arang aktif semakin baik untuk digunakan sebagai adsorben. Hasil selanjutnya mutu arang aktif menurun dengan ditandai meningkatnya kadar air yang diperoleh arang kulit pisang raja teraktivasi H_2SO_4 3,0 M yaitu sebesar 5,02%. Meningkatnya kadar air tersebut mungkin disebabkan karena proses pemanasan setelah aktivasi kimia yang kurang merata sehingga kandungan air dalam arang aktif sebagian masih terperangkap didalamnya.

Uji karakteristik penentuan kadar abu arang aktif dilakukan untuk mengetahui kandungan oksida logam dalam arang aktif. Hasil kadar abu pada arang aktif kulit pisang raja dan arang kulit pisang raja tanpa aktivasi sebagai kontrol disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data penentuan kadar abu

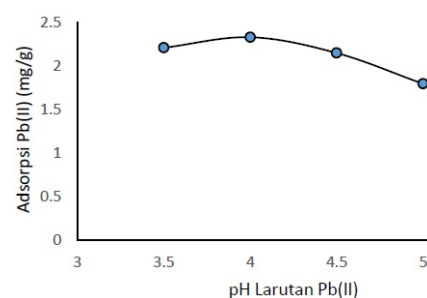
Konsentrasi aktivator H_2SO_4 (M)	Kadar abu (%)
0,0	5,5486
1,0	3,3939
1,5	3,8292
2,0	4,9030
2,5	2,4135
3,0	3,9542

Berdasarkan Tabel 3. dapat diketahui bahwa arang aktif kulit pisang raja yang mempunyai kadar abu yang baik adalah arang kulit pisang raja teraktivasi H_2SO_4 2,5 M yaitu dengan kadar abu sebesar 2,41% yang merupakan kadar abu terkecil. Kadar abu yang kecil, berarti kandungan mineral anorganik dari arang aktif kecil sehingga baik digunakan sebagai adsorben. Hasil selanjutnya ditunjukkan pada arang kulit pisang raja konsentrasi aktivator 3,0 M dengan kadar abu yang lebih besar yaitu sebesar 3,95%, hal ini disebabkan karena dengan konsentrasi aktivator yang cukup tinggi dapat menyebabkan mulai rusaknya struktur pori arang aktif sehingga mengakibatkan masih adanya sebagian kandungan mineral anorganik yang terdapat didalam arang aktif kulit pisang raja tersebut, hal ini berarti kualitas arang aktif menurun.

Penentuan luas permukaan dan ukuran pori menggunakan SAA dilakukan untuk mengetahui secara spesifik luas permukaan dan ukuran pori adsorben, dalam hal ini adalah arang kulit pisang raja teraktivasi H_2SO_4 2,5 M yang merupakan hasil paling baik dari karakterisasi sebelumnya serta arang kulit

pisang raja tanpa aktivasi sebagai kontrol. Adsorbat yang digunakan adalah nitrogen pada suhu 77,3 K. Hasil luas permukaan yang diperoleh arang aktif kulit pisang raja adalah 3,431 m^2/g dengan ukuran jari-jari rata-rata pori sebesar 32,3493 Å, sedangkan arang tanpa aktivasi didapatkan luas permukaan yang lebih kecil yaitu sebesar 3,279 m^2/g dengan ukuran jari-jari rata-rata pori sebesar 240,124 Å sehingga dapat disimpulkan bahwa ukuran jari-jari rata-rata pori yang dimiliki oleh arang aktif 2,5 M lebih efektif untuk digunakan sebagai adsorben ion Pb(II) daripada arang kulit pisang raja tanpa aktivasi. Hal ini disebabkan jari-jari ion Pb(II) memiliki ukuran yang cukup kecil yaitu 1,2 Å. Kation yang memiliki jari-jari ion kecil, maka jari-jari hidrasi besar sehingga dengan pori adsorben 32,3493 Å proses adsorpsi Pb(II) menjadi efektif. Sedangkan jika adsorpsi Pb(II) dilakukan menggunakan arang kulit pisang raja tanpa aktivasi yang memiliki ukuran jari-jari pori terlalu besar, maka resiko terjadinya desorpsi akan semakin besar sehingga daya serapnya kecil.

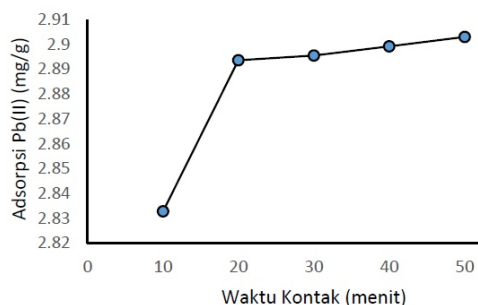
Arang aktif kulit pisang raja yang menunjukkan hasil karakteristik paling baik yaitu arang kulit pisang raja teraktivasi H_2SO_4 2,5 M digunakan untuk menyerap ion Pb(II) dalam larutan dengan pengaruh pH, waktu kontak, dan konsentrasi serta mengetahui kapasitas dan energi adsorpsinya terhadap ion Pb(II). Penentuan pH dapat mempengaruhi muatan situs aktif dari permukaan adsorben yang berperan aktif dalam proses penyerapan logam dan mempengaruhi kelarutan dari ion logam dalam larutan (Ni'mah & Ulfin; 2007). Penentuan pH optimum dilakukan dengan mengontakkan 0,3006 g arang aktif kulit pisang raja ke dalam 50 mL larutan Pb(II) 20 ppm selama 40 menit dengan variasi pH 3,5; 4; 4,5; dan 5. Data hasil adsorpsi yang diperoleh dibuat grafik hubungan antara pH larutan Pb(II) dan adsorpsi Pb(II) (mg/g) seperti yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara pH larutan Pb(II) dan adsorpsi Pb(II) (mg/g)

Gambar 1. menunjukkan bahwa pH optimum terjadi pada pH 4 dengan penyerapan yang diperoleh yaitu 2,3281 mg/g. Menurut Kristiyani, *et al.* (2012) yang mengatakan bahwa apabila pH larutan melewati pH optimumnya, yaitu pH 4,5 dan pH 5 penyerapan berkurang karena pada pH yang tinggi terdapat lebih banyak ion OH⁻ sehingga ion-ion logam mulai mengendap. Penyerapan juga rendah apabila pH terjadi dibawah optimumnya yaitu pH 3,5 karena dengan konsentrasi H⁺ yang terlalu tinggi maka dapat menghalangi interaksi antara ion logam dan material tersebut dalam hal ini adalah arang aktif. Jadi, dapat disimpulkan bahwa adsorpsi Pb(II) oleh arang aktif kulit pisang raja mencapai penyerapan optimum pada pH 4.

Penentuan waktu kontak yang dibutuhkan dilakukan setelah diperoleh pH optimum. Penentuan waktu kontak bertujuan untuk mengetahui waktu kontak yang dibutuhkan pada interaksi antara arang aktif kulit pisang raja sebagai adsorben dan Pb(II) sebagai adsorbat karena kecepatan reaksi tergantung pada jumlah tumbukan persatuan waktu. Penentuan waktu kontak dilakukan dengan variasi 10, 20, 30, 40, dan 50 menit. Data hasil adsorpsi yang diperoleh dibuat grafik hubungan antara waktu kontak (menit) dan adsorpsi Pb(II) (mg/g) seperti disajikan pada Gambar 2.

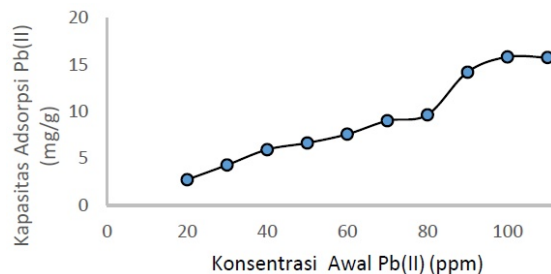


Gambar 2. Hubungan antara waktu kontak (menit) dan adsorpsi Pb(II) (mg/g)

Gambar 2. menunjukkan adsorpsi ion Pb(II) meningkat dengan bertambahnya waktu kontak. Hal ini disebabkan karena semakin lama interaksi adsorben dengan adsorbat memungkinkan semakin banyaknya tumbukan yang terjadi antara arang aktif kulit pisang raja dan Pb(II), sehingga semakin banyak adsorbat yang terserap. Berdasarkan Gambar 2. waktu kontak adsorpsi yang dibutuhkan adalah pada menit ke 20 dengan penyerapan sebesar 2,8936 mg/g. Ketika waktu kontak diatas 20 menit, kenaikan penyerapan tidak terlalu signifikan atau hampir konstan. Sehingga hal ini dapat dikatakan bahwa waktu yang dibutuhkan oleh

arang aktif kulit pisang raja untuk adsorpsi terhadap Pb(II) adalah 20 menit.

Optimasi konsentrasi dilakukan setelah diperoleh pH optimum dan waktu kontak yang dibutuhkan. Penentuan konsentrasi optimum bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi adsorbat optimum yang dapat di adsorpsi oleh adsorben. Semakin tinggi konsentrasi adsorbat maka semakin cepat laju adsorpsinya. Namun, pada kondisi tertentu akan menjadi stabil karena sudah mencapai titik jenuh sehingga terjadi proses kesetimbangan (Zulfa; 2011). Penentuan konsentrasi Pb(II) optimum pada penelitian ini dilakukan dengan variasi 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, dan 110 ppm. Data hasil adsorpsi yang diperoleh dibuat grafik hubungan antara konsentrasi Pb(II) (ppm) dan adsorpsi Pb(II) (mg/g) seperti yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi Pb(II) (ppm) dan adsorpsi Pb(II) (mg/g)

Gambar 3. menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi awal Pb(II) maka semakin cepat laju adsorpsinya yang berarti semakin banyak jumlah ion logam yang teradsorpsi oleh arang aktif kulit pisang raja. Berdasarkan Gambar 3. konsentrasi Pb(II) optimum terjadi pada konsentrasi 100 ppm dengan penyerapan yang dihasilkan sebesar 15,8440 mg/g. Sedangkan pada konsentrasi 110 ppm, penyerapan mulai mengalami penurunan dengan penyerapan yang di hasilkan sebesar 15,7782 mg/g. Keadaan ini berarti penyerapan oleh permukaan arang aktif telah mencapai titik jenuh dan telah mencapai kesetimbangan.

Penentuan kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi Pb(II) ditentukan menggunakan model isoterm adsorpsi Langmuir dan isoterm adsorpsi Freundlich dengan data yang diperoleh dari penentuan konsentrasi optimum. Berdasarkan hasil nilai koefisien regresi yang diperoleh pada isoterm adsorpsi *Langmuir* lebih besar yaitu sebesar 0,9514 dibandingkan dengan nilai koefisien regresi yang diperoleh pada isoterm adsorpsi *Freundlich* yang hanya sebesar 0,8434. Persamaan *Langmuir* yang diperoleh dari grafik

Langmuir digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi, konstanta kesetimbangan dan energi adsorpsi Pb(II). Hasil menunjukkan bahwa harga kapasitas adsorpsi arang aktif kulit pisang raja dalam menyerap Pb(II) sebesar 16,3666 mg/g, konstanta kesetimbangan sebesar 613,41, dan energi adsorpsi yaitu sebesar 16,0103 kJ/mol. Energi yang dilepaskan pada adsorpsi ini < 20,92 kJ/mol, maka adsorpsinya merupakan adsorpsi fisika. Apriliani (2010) menyebutkan bahwa adsorpsi fisika berarti gaya tarik yang terjadi antara adsorbat dan permukaan adsorben relatif lemah. Berdasarkan hasil energi yang diperoleh tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa berperan besar untuk menyerap ion Pb(II) adalah pori-pori arang aktif.

Simpulan

Karakteristik arang aktif kulit pisang raja yang baik untuk digunakan sebagai adsorben ion Pb(II) adalah arang kulit pisang raja teraktivasi H₂SO₄ 2,5 M yang meliputi daya serap arang aktif terhadap iodin sebesar 425,4425 mg/g, kadar air sebesar 0,64%, kadar abu sebesar 2,41%, luas permukaan sebesar 3,431 m²/g dan rata-rata jari-jari pori sebesar 32,3493 Å. Kondisi optimal adsorpsi ion Pb(II) oleh arang aktif kulit pisang raja terjadi pada pH 4, waktu kontak yang dibutuhkan 20 menit, dan konsentrasi Pb(II) 100 ppm. Kapasitas adsorpsi ion Pb(II) oleh arang aktif kulit pisang raja diperoleh dari persamaan isoterm adsorpsi *Langmuir* sebesar 16,3666 mg/g dan energi adsorpsi ion Pb(II) sebesar 16,0103 kJ/mol.

Daftar Pustaka

- Apriliani, A. 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, dan Pb dalam Air Limbah. *Skripsi*. Universitas Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Jakarta
- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisik*. Edisi ke-4. Irma, I.K. Terjemahan dari: Physical Chemistry. Erlangga. Jakarta
- Darmayanti, N. Rahman & Supriadi. 2012. Adsorpsi Timbal (Pb) dan Zink (Zn) dari Larutannya Menggunakan Arang Hayati (*Biocharcoal*) Kulit Pisang Kepok Berdasarkan Variasi pH. *Jurnal Akademika Kimia*, 1(4): 159-165
- Hanum, F., I.M.D. Kaban & M.A. Tarigan. 2012. Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang Raja (*Musa sapientum*). *Jurnal Teknik Kimia*, 1(2): 21-26
- Hasrianti. 2012. *Adsorpsi Ion Cd²⁺ dan Cr⁶⁺ Pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong*. Tesis. Universitas Hasanuddin Makassar. Makassar
- Hoong, P.K. 2013. *Biosorption of Heavy Metal Ions from Industrial Waste Water by Banana Peel Based Biosorbent*. Dissertation. Universiti Teknologi Petronas. Iskandar
- Kristiyani, D., E.B. Susatyo & A.T. Prasetya. 2012. Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam Padi untuk Menurunkan Kadar Ion Pb²⁺ Pada Air Sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 1(1): 13-19
- Miranti, S.T. 2012. *Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol menggunakan Activating Agent H₃PO₄ dan KOH*. Skripsi. Universitas Indonesia. Jakarta
- Ni'mah, Y.L. & I. Ulfin. 2007. Penurunan Kadar Tembaga dalam Larutan dengan Menggunakan Biomassa Bulu Ayam. *Akta Kimindo Indonesi*, 2(1): 57-66
- Philomina, J.S. & I.V. Enoch. 2012. Adsorption of Ferric Ions on to Banana Peel Carbon and Tapioca Peel Carbon Activated by Microwave, Thermal, and Chemical Means. *Journal IJAPBC*, 1(4): 540-545
- Riapanitra, A. & R. Andreas. 2010. Pemanfaatan Arang Batok Kelapa dan Tanah Humus Baturraden untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr). *Jurnal MIPA*, 5(2): 66-74
- Zulfa, A. 2011. *Uji Adsorpsi Gas Karbon Monoksida (CO) Menggunakan Zeolit Alam Malang dan Lampung*. Skripsi. Universitas Indonesia. Jakarta
- Zulfikar, M., A.B. Birawida & Ruslan. 2014. *Kandungan Timbal (Pb) pada Air Laut dan Ikan Baronang (Siganus spinus) di Perairan Pesisir Kota Makassar*. Universitas Hassanudin. Makassar