

Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) sebagai Adsorben Ion Pb(II)

Ade Oktasari

Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Raden Fatah, Palembang
 adeoktasari@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang adsorpsi ion logam Pb (II) menggunakan kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) tanpa aktivasi (KK), teaktivasi asam (KKA) dan teraktivasi basa (KKB). Aktivasi dilakukan dengan cara mereaksikan kulit kacang tanah dengan H_3PO_4 dan KOH dengan tujuan untuk meningkatkan efektivitas dan kapasitas adsorpsi. Hasil karakterisasi adsorben dengan spektrofotometer FT-IR menunjukkan munculnya puncak pada daerah serapan 3410 dan 2901 cm^{-1} yang mengindikasikan keberadaan gugus OH dan CH alifatik yang merupakan kerangka pembangunan struktur selulosa. Kondisi optimum adsorpsi logam Pb(II) pada KK, KKA dan KKB terjadi pada pH yang sama yaitu pH 5 dengan waktu optimum masing-masing 60, 90 dan 70 menit. Parameter kinetika adsorpsi ion Pb(II) pada KK, KKA dan KKB mengikuti persamaan kinetika pseudo orde dua dengan nilai konstanta laju (k) pada adsorpsi Pb(II) masing-masing sebesar 12,279; 4,149 dan 32,258 $g\ mmol^{-1}\ min^{-1}$. Kapasitas adsorpsi maksimum KK, KKA dan KKB untuk ion Pb(II) sebesar 0,598; 0,505 dan 0,622 $mmol\ g^{-1}$ mengikuti pola isotherm Langmuir dengan energi adsorpsi masing-masing sebesar 26,735; 25,789 dan 29,245 $kJ\ mol^{-1}$. Hasil studi ini menunjukkan bahwa kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) teraktivasi KOH memiliki afinitas adsorpsi yang baik terhadap Pb(II) dengan kapasitas adsorpsi yang meningkat dibandingkan tanpa aktivasi dan aktivasi secara asam.

Kata kunci : adsorpsi logam, *arachis hypogaea* L., H_3PO_4 , KOH, Pb (II).

ABSTRACT

An experiment on Pb (II) metal ion adsorption using peanut (*Arachis hypogaea* L.) shell without activation (KK), acid-activated (KKA), and base-activated (KKB) has been conducted. Peanut shell powder was activated using H_3PO_4 and KOH to improve adsorption effectivity and capacity. Characterization results using FT-IR spectrophotometer showed peak at 3410 and 2901 cm^{-1} indicated OH dan CH aliphatic from framework of cellulose. Optimum condition of Pb(II) adsorption for KK, KKA and KKB was occurred at the same optimum pH, that was pH 5, with contact time 60, 90 and 70 min, respectively. The adsorption kinetic parameter of Pb(II) ion for KK, KKA, and KKB followed pseudo second order kinetic with rate constants (k) in order of 12.279, 4.149, and 32.258 $g\ mmol^{-1}\ min^{-1}$, with maximum adsorption capacity based on Langmuir isotherm model of 0.598, 0.505, and 0.622 $mmol\ g^{-1}$, and adsorption energy of 26.735, 25.789, and 29.245 $kJ\ mol^{-1}$, respectively. The results indicated that KOH-activated peanut (*Arachis hypogaea* L.) shell has good adsorption affinity for Pb(II) with highest adsorption capacity compare to those from non-activated and acid-activated.

Keywords: *Arachis hypogaea* L., H_3PO_4 , KOH, metal adsorption, Pb(II) ion

PENDAHULUAN

Perkembangan industri saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Meningkatnya jumlah industri tidak hanya memberikan dampak positif tetapi juga

akan memberikan dampak negatif, misalnya pencemaran lingkungan yang di akibatkan oleh buangan limbah industri berupa limbah cair, padat maupun gas.

Pengaruh dari limbah industri ini mengakibatkan meningkatnya jumlah racun dan polutan logam berat dalam lingkungan. Logam berat seperti Hg, Pb, Cr, Ni, Cu, Cd dan Zn dapat terakumulasi dalam organisme dan dalam jumlah besar dapat menyebabkan keracunan jika terserap dalam tubuh (Ngah *et al.*, 2004). Logam berat timbal (Pb) terutama dikenal sebagai logam yang paling beracun di antara logam berat, bahkan pada konsentrasi rendah di lingkungan.

Berbagai metode untuk menghilangkan logam berat dari air limbah telah dikembangkan, antara lain meliputi pemisahan membran, pertukaran ion, dan elektroforesis tetapi membutuhkan biaya yang besar dan kurang efektif terutama untuk mengurangi logam berat dalam larutan (Wang *et al.*, 2005). Proses adsorpsi merupakan teknik pemurnian dan pemisahan yang efektif dipakai dalam industri. Metode adsorpsi umumnya terjadi berdasarkan interaksi antara logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan adsorben melalui interaksi pembentukan kompleks dan biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya akan gugus fungsional seperti -OH, -NH, -SH dan -COOH (Stumm dan Morgan, 1996).

Pemanfaatan biomaterial dari limbah pertanian sebagai bahan pengganti karbon aktif ataupun resin penukar ion untuk menyerap senyawa-senyawa beracun telah mulai diteliti. Berbagai limbah pertanian yang telah digunakan sebagai bahan baku adsorben antara lain kulit almon (Mehrasbi *et al.*, 2008), kulit jeruk (Liang *et al.*, 2009), jerami padi (Safrianti dkk, 2012), eceng gondok (Tangio, 2013) dan batang pisang (Ogunleye *et al.*, 2014).

Komponen dari kulit kacang tanah diharapkan dapat digunakan sebagai bahan penyerap (adsorben) logam berat adalah selulosa yang terdapat pada dinding sel kulit kacang tanah (Windasari, 2009). Selulosa memiliki gugus aktif OH yang mampu mengikat logam berat. Banyak peneliti telah melakukan studi kemampuan adsorben selulosa dalam menyerap ion

logam berat. Asrina (2003) menggunakan adsorben selulosa dari pelepah pisang gedah untuk menyerap ion Cd. Lesbani, dkk. (2013) menggunakan adsorben selulosa dari serbuk kayu untuk menyerap ion logam Fe. Wulandari (2014) menggunakan adsorben selulosa dari kulit ketela rambat untuk menyerap ion logam Pb. Sehingga penggunaan kulit kacang tanah sebagai adsorben merupakan alternatif pengolahan limbah logam berat karena biayanya relatif murah dan mudah didapat.

Kapasitas adsorpsi dapat ditingkatkan dengan melakukan aktivasi adsorben limbah pertanian yang akan digunakan. Aktivasi dapat dilakukan dengan menambahkan larutan basa, larutan asam, senyawa organik dan agen pengoksidasi yang dapat memisahkan komponen pengganggu sehingga akhirnya dapat meningkatkan efisiensi adsorpsi logam berat (Shukla dan pai, 2005). Banyak peneliti yang telah mempelajari modifikasi adsorben alternatif ini. Tarley *et al.*, (2004) melaporkan adsorpsi dari Cd^{2+} meningkat setelah adsorben sekam padi ditambahkan NaOH. Low *et al.*, (1995) menggunakan asam nitrat untuk memodifikasi adsorben dari limbah pisang dan dilaporkan bahwa kapassitaas adsorpsi maksimum dari Cu^{2+} mencapai $13,46 \text{ mg g}^{-1}$.

Pada penelitian ini, kulit kacang tanah yang merupakan limbah pertanian digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan ion Pb (II) dalam larutan. Kulit kacang tanah yang digunakan diaktivasi dengan menambahkan reagen asam dan basa kemudian dikarakterisasi menggunakan spektroskopi FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsional yang ada dalam kulit kacang tanah. Adsorpsi ion Pb (II) dengan kulit kacang tanah diamati pada kondisi percobaan yang berbeda yaitu pH, waktu adsorpsi, dan konsentrasi awal Pb (II) ion. Data eksperimen dianalisis dengan menggunakan model isotherm Langmuir dan Freundlich. Sebagai tambahan, parameter kinetik dan kemampuan penyerapan maksimum

dihitung dan dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : mortar, ayakan 100 mesh, neraca analitik, *shaker*, *stirrer*, oven, pH meter, satu set penyaring Buchner, refluks, waterbath dan pengaduk magnet. Instrumen analisis terdiri dari Spektrofotometer FT-IR (*Fourier Transform Infrared*) Merk Shimadzu tipe Prestige 21 dan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Peralatan penunjang berupa peralatan gelas standar seperti : gelas ukur, labu takar, erlenmeyer, gelas kimia, gelas arloji, pipet tetes, pipet volume, pipet ukur, corong, botol penyimpanan larutan, botol konikel, dan lainnya.

Limbah pertanian yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari salah satu tempat penggilingan kacang tanah dari daerah wonosari. Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaOH 0,1 M dan HCl 0,1 M yang digunakan untuk mengatur pH. Bahan yang digunakan untuk aktivasi adsorben kulit kacang, meliputi KOH 0,1 M yang semuanya berkualitas pro analisis dan diproduksi E Merck dan kertas saring Whatman serta kertas pH universal. Bahan yang digunakan untuk membuat larutan baku, meliputi HNO₃ dan Pb (NO₃)₂ akuabides yang diproduksi Laboratorium Gizi dan Pangan PAU UGM. Bahan yang digunakan untuk analisis selulosa, lignin dan hemiselulosa, meliputi H₂SO₄ 1 N dan H₂SO₄ 72%.

Prosedur

A. Preparasi adsorben dan karakterisasi

Preparasi adsorben. Kulit kacang tanah yang diperoleh dari limbah penggilingan dibersihkan dari kotoran yang menempel dan dicuci dengan air bersih kemudian disaring. Kulit kacang tanah selanjutnya dikeringkan

menggunakan sinar matahari langsung selama dua hari. Kulit kacang tanah yang sudah kering kemudian dihaluskan dan diayak dengan ayakan 100 mesh. Hasil ayakan ini diperoleh serbuk kulit kacang tanah (KK).

Aktivasi Adsorben dengan H₃PO₄ 1 M. Adsorben KK hasil preparasi ditambahkan reagen aktivator asam H₃PO₄ 1 M kemudian digojok. Selanjutnya dicuci hingga pH 7 dan dikeringkan dalam oven hingga berat konstan, selanjutnya didinginkan sebagai adsorben teraktivasi asam (KKA).

Aktivasi Adsorben dengan KOH 0,1 M. Adsorben KK hasil preparasi ditambahkan reagen aktivator asam KOH 0,1 M kemudian digojok. Selanjutnya dicuci hingga pH 7 dan dikeringkan dalam oven hingga berat konstan, selanjutnya didinginkan sebagai adsorben teraktivasi basa (KKB).

B. Analisis kandungan selulosa, lignin dan hemiselulosa dengan metode Chesson

Sampel kering (berat a) ditambahkan 150 mL H₂O dan direfluks pada suhu 100°C dengan waterbath selama 1 jam. Hasilnya disaring, residu dicuci dengan air panas 300 mL. Residu kemudian dikeringkan dengan oven sampai beratnya konstan dan kemudian ditimbang (berat b). Residu ditambah 150 mL H₂SO₄ 1 N, kemudian direfluks dengan waterbath selama 1 jam pada suhu 100°C. Hasilnya disaring dan dicuci sampai netral (300 mL) dan residunya dikeringkan hingga beratnya konstan. Berat ditimbang (berat c). Residu kering ditambahkan 100 mL H₂SO₄ 72% dan direndam pada suhu kamar selama 4 jam. Ditambahkan 150 mL H₂SO₄ 1 N dan direfluks pada suhu 100°C dengan waterbath selama 1 jam pada pendingin balik. Residu disaring dan dicuci dengan H₂O sampai netral (400 mL). Residu kemudian dipanaskan dengan oven dengan suhu 105°C sampai beratnya konstant dan ditimbang (berat d). Selanjutnya residu diabukan dan ditimbang (berat e).

C. Kajian adsorpsi

Pengaruh pH

Adsorben (KK, KKA dan KKB) dimasukan kedalam masing-masing wadah yang berisi 25 mL larutan Pb (II) 25 mg L⁻¹ dengan variasi pH larutan 2 hingga 6. Larutan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M digunakan untuk mengatur pH larutan. Campuran digojok dengan *shaker*. Selanjutnya, setelah proses adsorpsi selesai, campuran adsorben dan adsorbat disaring dan kandungan logam dalam filtrat dianalisis dengan AAS. Kemudian ditentukan kapasitas adsorpsinya.

Pengaruh waktu kontak

Adsorben (KK, KKA dan KKB) dimasukan kedalam masing-masing wadah yang berisi Pb(II) 25 mg L⁻¹ dengan pH optimum masing-masing adsorben. Campuran digojok menggunakan *shaker* dengan variasi waktu kontak selama 0; 10; 25; 40; 60; 70; 90; 100; 110; 130; dan 150 menit pada suhu kamar. Selanjutnya, setelah proses adsorpsi selesai, campuran adsorben dan adsorbat disaring dan kandungan logam dalam filtrat dianalisis dengan AAS.

Pengaruh konsentrasi awal adsorbat

Larutan Pb (II) dengan variasi konsentrasi 5, 10, 20, 40, 50 dan 100 ppm dimasukan kedalam masing-masing wadah yang berisi adsorben (KK, KKA dan KKB) dengan pH optimum masing-masing adsorben. Campuran digojok menggunakan *shaker* pada waktu kontak optimum masing-masing adsorben pada suhu kamar. Selanjutnya, setelah proses adsorpsi selesai, campuran adsorben dan adsorbat disaring dan kandungan logam dalam filtrat dianalisis dengan AAS. Kemudian ditentukan kapasitas adsorpsinya.

D. Kajian kinetika dan isoterm adsorpsi

Kajian kinetika adsorpsi

Kajian kinetika adsorpsi dilakukan dengan menggunakan data kesetimbangan adsorpsi yang diperoleh pada berbagai waktu kontak. Dalam evaluasi ini, data

yang diperoleh diuji untuk menemukan bentuk linear persamaan kinetika (laju reaksi) yang sesuai dalam proses adsorpsi dengan menggunakan persamaan kinetika adsorpsi diantaranya kinetika reaksi orde nol, orde satu, orde dua, orde tiga, pseudo orde satu (Lagergren) dan pseudo orde dua (Ho dan Mckay).

Kajian isoterm adsorpsi

Kajian isoterm adsorpsi dilakukan dengan menggunakan data kesetimbangan adsorpsi yang diperoleh pada berbagai konsentrasi larutan logam (adsorbat).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi adsorben kulit kacang tanah

Kandungan kimia kulit kacang tanah yang digunakan sebagai adsorben pada tabel 1 menunjukkan bahwa adsorben mengandung selulosa, lignin dan hemiselulosa yang memiliki gugus fungsi hidroksil dan karboksil. Gugus fungsi tersebut mempunyai kemampuan untuk mengganti ion H⁺ dengan kation logam sehingga dapat digunakan sebagai adsorben dalam adsorpsi logam (Brown *et al.*, 2000).

Tabel 1 Kandungan kimia kulit kacang tanah

Komponen	(%)		
	KK	KKA	KKB
Selulosa	47,19	43,56	42,91
Lignin	34,30	30,57	29,61
Hemiselulosa	7,19	15,82	19,83

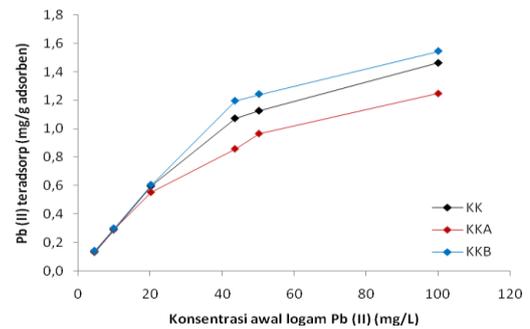
Konfirmasi gugus-gugus dari senyawa yang terdapat pada kulit kacang tanah dilakukan dengan karakterisasi gugus fungsi menggunakan Spektrofotometer FT-IR. Karakterisasi FT-IR juga digunakan untuk mengetahui adanya gugus fungsi yang terdapat pada kulit kacang tanah setelah aktivasi. Pada adsorben KKA teramati ada gugus fungsi baru yang muncul pada bilangan gelombang 1373 cm⁻¹ yang merupakan gugus fungsi C-O-H. Pada adsorben KKB tidak ada gugus

fungsi baru yang muncul setelah penambahan KOH, tetapi beberapa puncak serapan KKB telah bergeser dari puncak serapan KK, yaitu pada bilangan gelombang 3410, 1057, 524 dan 486 cm^{-1} bergeser ke bilangan gelombang 3402, 1033, 540 dan 470 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 1720 dan 2368 cm^{-1} tidak terdeteksi adanya puncak. Hal ini dapat dikaitkan dengan hilangnya lignin dari adsorben kulit kacang tanah yang telah di aktivasi dengan KOH. Pita serapan ini tidak berbeda jauh dari hasil penelitian Lopez *et al.*, (2000) yang menggunakan NaOH sebagai aktivator selulosa dari limbah tebu. Perlakuan menambahkan larutan basa dapat mengubah selulosa I menjadi selulosa II dan menghapus sebagian besar lignin. Dengan transformasi selulosa I menjadi selulosa II banyak puncak serapan yang dialihkan dan serapannya berubah (Oh *et al.*, 2005).

Pengaruh aktivasi secara asam dan basa pada adsorben kulit kacang tanah

Pemilihan H_3PO_4 sebagai larutan asam yang digunakan dalam proses aktivasi didasarkan pada penelitian Ogunleye *et al.*, (2014) yang melaporkan bahwa penggunaan H_3PO_4 sebagai aktivator dari adsorben batang pisang dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi logam Pb(II) menjadi 13,53 mg g^{-1} . Safrianti dkk. (2012) menggunakan larutan basa untuk melarutkan senyawa-senyawa dalam jerami padi seperti lignin yang dapat menghambat proses adsorpsi. Keberadaan lignin akan menurunkan proses adsorpsi.

Pengaruh aktivasi adsorben secara basa terhadap efisiensi adsorpsi telah dilaporkan sebelumnya oleh banyak peneliti. Misalnya, adsorpsi Cd^{2+} pada sekam padi yang dimodifikasi dengan NaOH mengalami peningkatan hampir dua kali lipat (Tarley *et al.* 2004).



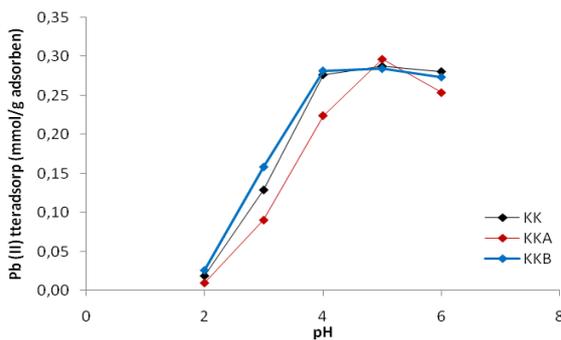
Gambar 1 Pengaruh konsentrasi ion logam Pb (II) terhadap kapasitas adsorpsi dari adsorben KK, KKA dan KKB

Hasil penelitian pada Gambar 1 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi logam Pb(II) pada KK, KKA dan KKB pada konsentrasi 5, 10 dan 20 mg L^{-1} hampir sama. Hal itu diduga, karena kandungan logam Pb(II) dalam larutan yang masih rendah sedangkan ketersediaan gugus aktif masing-masing adsorben banyak sehingga hampir semua logam Pb(II) dalam larutan teradsorpsi oleh situs aktif adsorben. Namun, pada konsentrasi Pb(II) dalam larutan yang lebih tinggi menunjukkan bahwa kemampuan KKB dalam mengadsorpsi logam Pb(II) lebih tinggi, yaitu 1,543 mmol g^{-1} dibandingkan KK dan KKA, yaitu 1,463 dan 1,248 mmol g^{-1} . Hasil pada penelitian ini sesuai dengan hasil yang telah dilaporkan oleh Mehrasbi *et al.*, (2008) bahwa aktivasi secara basa memiliki kemampuan mengadsorpsi lebih baik dibandingkan adsorben tanpa aktivasi dan teraktivasi asam.

Optimasi pH Adsorpsi Logam Pb pada KK, KKA dan KKB

Optimasi pH dapat ditentukan dengan adanya muatan ion pada permukaan adsorben. Seiring kenaikan pH, gaya elektrostatis menurun dengan menurunnya densitas muatan positif pada area adsorpsi (Basyal *et al.*, 2010). Hal ini dapat menyebabkan peningkatan adsorpsi ion Pb(II) hingga tercapainya nilai optimum. Pengukuran pengaruh pH terhadap ion Pb(II) untuk mendapatkan pH optimum dilakukan pada rentang pH antara 2 sampai

6. Adsorbat dalam sistem adsorpsi ini adalah logam Pb(II) dengan adsorben KK, KKA dan KKB. Waktu interaksi yang digunakan dalam penentuan pengaruh pH ini adalah 60 menit, didasarkan pada penelitian Oscik (1982) yang menyatakan bahwa kesetimbangan adsorpsi ion logam pada berbagai adsorben tercapai setelah terjadi interaksi selama kurang lebih 60 menit.



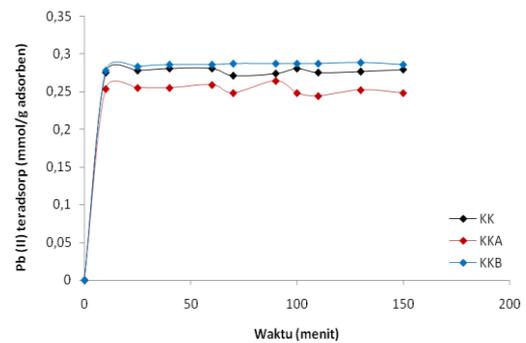
Gambar 2 Pengaruh pH terhadap adsorpsi logam Pb(II) dari adsorben KK, KKA dan KKB

Kondisi optimum penyerapan ion logam Pb(II) oleh KK, KKA dan KKB terjadi pada pH yang sama, yaitu pH 5. Gambar 2 menunjukkan bahwa pada pH rendah atau sebelum mencapai kondisi optimum jumlah ion logam Pb(II) yang terserap lebih kecil, karena pada pH yang lebih rendah akan menyebabkan peningkatan konsentrasi ion H^+ dalam larutan sehingga terjadi kompetisi antara ion H^+ dengan ion logam Pb (II) untuk berinteraksi dengan situs aktif pada permukaan adsorbent sedangkan pada kondisi optimum konsentrasi ion H^+ semakin berkurang yang mengakibatkan jumlah ion logam yang berinteraksi dengan situs aktif adsorben mencapai jumlah maksimum (Taty *et al.*, 2003). Setelah mencapai kondisi optimum daya adsorpsi KK, KKA dan KKB semakin rendah, karena pada pH tinggi larutan cenderung bermuatan negatif (OH^-) dan kelarutan Pb makin kecil karena adanya gaya tolakan elektrostatik sehingga mulai terjadi pengendapan dalam bentuk $Pb(OH)_2$ yang dapat menutupi permukaan adsorben dan mengakibatkan penurunan efektivitas

dalam proses adsorpsi. Hal ini sesuai dengan spesiasi logam Pb(II) yang menunjukkan setelah pH 5 spesiasi logam Pb(II) dalam bentuk Pb^{2+} mengalami penurunan dan mulai terbentuk $Pb(OH)^+$ dan $Pb(OH)_2$.

Optimasi Waktu dan Penentuan Kinetika Adsorpsi Logam Pb pada Kulit kacang

Optimasi waktu kontak terhadap adsorpsi logam Pb(II) ditunjukkan pada Gambar 3 yang memperlihatkan bahwa terjadi peningkatan jumlah ion logam yang teradsorpsi sampai pada waktu tertentu dan kemudian relatif konstan atau cenderung menurun.



Gambar 3 Pengaruh waktu terhadap adsorpsi logam Pb(II) pada adsorben KK, KKA dan KKB

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa adsorpsi ion logam Pb(II) naik secara drastis pada 10 menit pertama, namun selanjutnya, kenaikan persentase adsorpsi naik secara perlahan sampai titik optimumnya tercapai. Waktu optimum interaksi logam Pb(II) dengan KK dicapai pada menit ke-60 dengan kapasitas adsorpsi sebesar $0,280 \text{ mmol g}^{-1}$, KKA dicapai pada menit ke-90 dengan kapasitas adsorpsi sebesar $0,259 \text{ mmol g}^{-1}$ dan KKB dicapai pada menit ke-70 dengan kapasitas adsorpsi $0,287 \text{ mmol g}^{-1}$. Menit-menit setelah waktu optimum, peningkatan waktu kontak untuk adsorpsi logam Pb(II) oleh masing-masing adsorben secara umum tidak memberikan perubahan yang berarti (cenderung konstan). Secara teori, tercapainya waktu optimum ini

menunjukkan telah tercapainya kesetimbangan dalam interaksi antara ion-ion logam dengan situs aktif pada adsorben (Castellan, 1982).

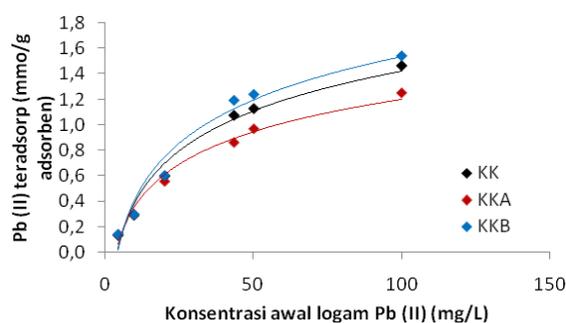
Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kinetika reaksi adsorpsi Pb(II) pada KK, KKA dan KKB mengikuti persamaan kinetika pseudo orde dua. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi didasarkan pada adsorpsi fasa padat. Kesesuaian ini mengindikasikan bahwa tahap pembatas laju (*rate-limiting*) melibatkan proses kemisorpsi melalui pemakaian bersama atau pertukaran elektron antara adsorben dan adsorbat (Ho dan Mckay, 1999). Selain itu, model kinetika pseudo orde 2 mempunyai keuntungan antara lain; tidak mempunyai masalah dalam menetapkan keefektifan adsorpsi yaitu kapasitas adsorpsi secara keseluruhan, konstanta laju dan laju adsorpsi awal, semuanya dapat ditentukan dari persamaan tanpa harus mengetahui banyak parameter sebelumnya (Ho, 2006). Kesesuaian kinetika adsorpsi Pseudo orde 2 juga terlihat pada adsorpsi ion logam Pb(II) di permukaan adsorben batang tembakau yang dilakukan Li *et al.*, (2008), di permukaan adsorben batang pisang Ogunleye *et al.*, (2014) dan di permukaan daun ficus religiosa yang dilakukan Qaiser *et al.*, (2008).

Dari persamaan kinetika adsorpsi pseudo orde 2, diketahui nilai konstanta laju dan kapasitas adsorpsi ion logam Pb (II) terhadap masing-masing adsorben. Diketahui bahwa konstanta laju adsorpsi Pb(II) pada KK yaitu $12,279 \text{ g mmol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ dan KKA $2,045 \text{ g mmol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ adalah lebih kecil dibandingkan KKB yaitu $32,258 \text{ g mmol}^{-1} \text{ menit}^{-1}$. Besarnya laju reaksi KKB dibandingkan KK, dapat diasumsikan kemungkinan disebabkan oleh lebih meruahnya gugus aktif -OH pada KKB karena telah mengalami delignifikasi sehingga laju untuk mencapai kesetimbangan reaksi adsorpsi Pb(II) pada KKB menjadi lebih cepat.

Penentuan Isoterm Adsorpsi, Kapasitas, dan Energi Adsorpsi Ion Logam Pb(II) pada adsorben KK, KKA dan KKB

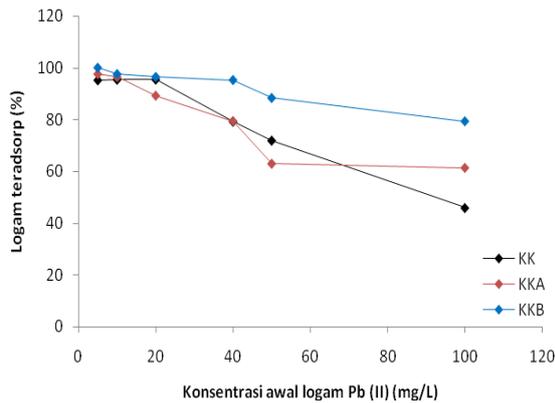
Hasil variasi konsentrasi yang tersaji pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi meningkat seiring peningkatan konsentrasi awal ion logam Pb(II). Semakin tinggi konsentrasi ion logam Pb(II) menyebabkan semakin banyak sisa logam yang tidak teradsorp, hal inilah yang mengakibatkan penurunan efektivitas adsorpsi logam Pb(II) oleh KK, KKA dan KKB. Pola penurunan efektivitas adsorpsi terlihat relatif sama antara KK, KKA dan KKB seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi Pb(II) pada adsorben KKB lebih besar dibandingkan pada adsorben KK dan KKA. Nilai kapasitas tertinggi dari adsorpsi Pb(II) yaitu $1,463 \text{ mmol g}^{-1}$ untuk KK dan $1,248 \text{ mmol g}^{-1}$ untuk KKA serta $1,543 \text{ mmol g}^{-1}$ untuk KKB.



Gambar 4 Pola isoterm adsorpsi logam Pb(II) pada KK, KKA dan KKB

Kemampuan KK dalam mengadsorp logam Pb(II) paling efektif adalah pada larutan logam Pb(II) 20 mg L^{-1} yaitu mencapai 95,36%, sedangkan KKA dan KKB paling efektif mengadsorp logam Pb(II) pada konsentrasi yang lebih rendah yaitu 5 mg L^{-1} dengan persentase adsorpsi KKA mencapai 97,561 % dan KKB mencapai 100%. Data efektivitas adsorpsi ini secara tidak langsung menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi KKB terhadap logam Pb(II) lebih besar daripada KK dan KKA. Penentuan kapasitas adsorpsi logam Pb(II) pada KK, KKA dan KKB dilakukan dengan menguji data variasi konsentrasi logam ke dalam model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.



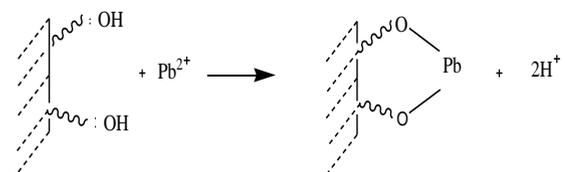
Gambar 5 Efektivitas adsorpsi logam Pb(II) pada KK, KKA dan KKB

Sistem adsorpsi Pb(II) baik oleh KK, KKA dan KKB mengikuti model isoterm Langmuir dengan nilai R^2 masing-masing 0,994 untuk KK, 0,982 untuk KKA dan 0,996 untuk KKB. Nilai ini lebih besar dari model isoterm Freundlich, sehingga dapat diasumsikan bahwa adsorpsi Pb(II) terjadi pada permukaan yang homogen dari masing-masing adsorben yang digunakan dan mengikuti pola monolayer. Kesesuaian terhadap model isoterm Langmuir mengindikasikan bahwa adsorbat yang teradsorpsi pada situs aktif hanya terjadi sebatas lapisan tunggal (Triyono, 2013).

Penentuan energi dan kapasitas adsorpsi logam Pb(II) pada KK, KKA dan KKB ditentukan menggunakan model isoterm Langmuir. Dapat dilihat kesesuaian antara hasil penelitian ini dengan hasil penelitian Mehrasbi., *et al* (2008) yang menyatakan bahwa adsorpsi logam Pb(II) pada permukaan adsorben kulit almond baik tanpa aktivasi maupun yang di aktivasi menggunakan asam dan basa mengikuti model isoterm adsorpsi Langmuir dan adsorben teraktivasi basa yang lebih tinggi kapasitas adsorpsinya dibandingkan adsorben teraktivasi asam dan tidak diaktivasi. Qaiser *et al.*, (2008) melaporkan pula bahwa telah mempelajari parameter kinetika dan kesetimbangan dari adsorpsi logam Pb(II) pada adsorben daun ficus religiosa dengan data isoterm yang diperoleh pada berbagai temperatur (20-40)⁰C digambarkan dengan baik oleh model isoterm Langmuir.

Nilai b yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu untuk adsorpsi logam Pb(II) masing-masing 0,598 mmol g⁻¹ oleh KK, 0,505 mmol g⁻¹ oleh KKA dan 0,622 mmol g⁻¹ oleh KKB. Dengan demikian hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi logam Pb(II) meningkat dengan penggunaan adsorben yang telah diaktivasi secara basa. Selain itu, nilai energi adsorpsi juga menunjukkan bahwa energi adsorpsi logam Pb(II) pada KKB yaitu 29,245 kJ mol⁻¹, lebih besar dibandingkan KK dan KKA yaitu 26,735 dan 25,789 kJ mol⁻¹. Menurut Adamson (1990), batas minimal adsorpsi kimia adalah 20,92 kJ mol⁻¹, dengan nilai energi adsorpsi lebih besar dari 20,92 kJ mol⁻¹, diduga sebagian besar adsorpsi logam Pb(II) pada KK, KKA dan KKB terjadi secara kimia. Dalam kemisorpsi, gaya kimia yang kuat ada antara adsorbat dan adsorben dan gaya ini mungkin ionik atau kompleks koordinasi.

Gugus -OH dari selulosa akan mengikat Pb²⁺ dalam larutan. Mekanisme yang mungkin terjadi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 6 Dugaan mekanisme reaksi adsorben kulit kacang tanah dan Pb²⁺

Interaksi antara kation logam dengan ligan-ligan dapat dikategorikan sebagai hubungan asam-basa Lewis (Rahmawati, 2012). Berdasarkan pengklasifikasian asam-basa keras dan lunak Pearson (1986), ion logam Pb²⁺ termasuk dalam golongan asam *borderline* (antara asam keras dan lunak) dan H₂O diketahui merupakan ligan yang termasuk dalam golongan basa keras, sehingga akan berikatan dengan ion Pb²⁺, oleh karena itulah Pb²⁺ akan sulit melepaskan ligan H₂O yang terhidrat. Sulitnya ion logam Pb²⁺ melepaskan ligan H₂O tersebut mengakibatkan logam Pb²⁺

mampu berikatan dengan gugus aktif kulit kacang tanah.

Kation logam Pb^{2+} dapat dinyatakan sebagai asam Lewis, sedangkan gugus-gugus aktif pada permukaan kulit kacang tanah (adsorben) dinyatakan sebagai basa Lewis, maka pengklasifikasian asam-basa keras dan lunak dapat diterapkan pada proses adsorpsi (Rahmawati, 2012). Gugus aktif pada permukaan adsorben kulit kacang tanah yang didominasi oleh gugus -OH merupakan basa keras, sehingga dapat diprediksikan bahwa ikatan yang terjadi antara $Pb(II)$ dengan situs aktif KKB yang mempunyai gugus -OH lebih banyak akan lebih kuat dibandingkan ikatan $Pb(II)$ dengan KK dan KKA.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dikemukakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Adsorben kulit kacang tanah memiliki kandungan selulosa sebesar 47,19% dan hasil spektrofotometer FT-IR mengidentifikasi keberadaan gugus-gugus dari senyawa selulosa dengan munculnya serapan pada bilangan gelombang 3410 dan 2901 cm^{-1} yang merupakan kerangka dasar selulosa.
2. Efektifitas adsorpsi logam $Pb(II)$ pada KK, KKA dan KKB sangat dipengaruhi oleh pH medium, adsorpsi logam $Pb(II)$ pada KK, KKA dan KKB optimum pada pH 5.
3. Kinetika adsorpsi logam $Pb(II)$ pada KK, KKA dan KKB mengikuti kinetika pseudo orde dua.
4. Isoterm adsorpsi logam $Pb(II)$ pada KK, KKA dan KKB mengikuti model isoterm Langmuir.

DAFTAR PUSTAKA

Adamson, A.W., 1990, *Physical Chemistry of Surfaces*, 5th Edition, John Wiley and Sons, New York.

Astrina, F.E., 2003, Adsorpsi Ion Logam Cd (II) dengan Menggunakan Pelepah Pisang Gedah (*Musa paradisiaca, L*), *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA UNSRI, Palembang.

Basyal, D., Homagai, P.L., dan Ghimire, K.N., 2010, Removal of Lead from Aqueous Medium Using Xanthate Modified Apple Juice Residue, *J. Nepal Chem. Soc.*, 26, 53-60.

Brown, P.A., Gill, S.A., dan Allen, S.J., 2000, Metal removal from wastewater using peat, *Water res*, 34, 3907-3916.

Castellan, G.W., 1982, *Physical Chemistry*, 3rd Ed, General Graphic Services, New York.

Ho, Y., dan Mckay, G., 1999, Pseudo-second Order Model for Sorption Processes, *Process Biochem*, 34(5), 451-465.

Ho, Y.S., 2006, Review of Second-order Models for Adsorption System, *J. Hazard. Mater.*, B136, 681-689.

Lesbani, A., Andriani, A., Nurlisa, H., dan Risfidian, M., 2013, Studi Adsorpsi Desorpsi Kation Besi (II) dengan Selulosa Hasil Pemisahan dari Serbuk Kayu, *Majalah Ilmiah Sriwijaya*, 24, 17.

Li, W., Zhang, L., Peng, J., Li, N., Zhang, S., dan Guo, S., 2008, Tobacco Stems As A Low Cost Adsorbent for The Removal of Pb (II) from Wastewater: Equilibrium and Kinetic Studies, *J. Industrial Crops and Products*, 28, 294-302.

Liang, S., Xueyi, G., Ningchuan, F., dan Qinghua, T., 2009, Application of Orange Peel Xanthate for the Adsorption of Pb^{2+} from Aqueous Solution, *J. Hazard. Mater.*, 170, 425-429.

- Lopez, R., Poblano, V.M., Licea-Claverie, A., Avalos, M., Alvarez-Castillo, A., & Castaño, V.M., 2000, Alkaline Surface Modification of Sugar Cane Bagasse, *Adv. Comp. Mater.*, 9(2), 99–108.
- Low, K.S., Lee, C.K., dan Leo, A.C., 1995, Removal of Metals from Electroplating Wastes Using Banana Pith, *Bio. Tech.*, 51, 227-231.
- Mehrasbi, R., Zohreh, F., Baherar, T., dan Azra, T., 2008, Adsorption of Lead and Cadmium from Aqueous Solution by Using Almond Shells, *J. Water Air Soil Pollut*, 199, 343-351.
- Ngah, W. S. W., Endud, C. S., dan Koay, Y. J., 2004, Equilibrium and Kinetic Studies of Adsorption of Copper (II) Chitosan and Chitosan Beads, *J. React. Funct. Polym.*, 50, 181-190.
- Ogunleye, O.O., Mary, A.A., Samuel, E.A., 2014, Evaluation of Biosorptive Capacity of Banan (*Musa paradisiaca*) Stalk for Lead (II) Removal from Aqueous Solution, *J. Envir. Protection*, 5, 1451-1465.
- Oh, S.Y., Yoo, D.I., Shin, Y., Kim, H.C., Kim, H.Y., Chung, Y.S., Park, W.H., dan Youk., J.H., 2005, Crystalline Structure Analysis of Cellulose Treated with Sodium Hydroxide and Carbon Dioxide by Means of X-Ray Diffraction and FTIR Spectroscopy, *Carbohydrate Research*, 340, 2376–2391.
- Oscik, J., 1982, *Adsorption*, John Wiley, Chichester.
- Rahmawati, A., dan Santosa, S.J., 2012, Studi Adsorpsi Logam Pb(II) dan Cd(II) pada Asam Humat dan Medium Air, *Alchemy*, 2(1), 46-67.
- Safrianti, I., Nelly, W., dan Titin, A.Z., 2012, Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat : Pengaruh pH dan Waktu Kontak, *JKK*, 1, 1-7.
- Sahu, M.K., Mandal, S., Dash, S.S., Badhai, P., dan Patel, R.K., 2013, Removal of Pb (II) from Aqueous Solution by Acid Activated Red Mud, *J. Environ. Chem. Eng.*, 1, 1315-1324.
- Shukla, S.R., dan Pai, R.S., 2005, Adsorption of Cu (II), Ni (II) and Zn (II) on Modified Jute Fibers. *J. Bior. Tech.*, 96, 1430-1438.
- Stum, W., dan Morgan, J. J., 1996, *Aquatic chemistry: Chemical Equilibria in Natural Water*, Third Edition, John Willey & Son, Inc., New York.
- Tangio, J.S., 2013, Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*), *Jurnal Entropi*, 8, 1.
- Tarley, C.R.T., Ferreira, S.L.C., dan Arruda, M.A.Z., 2004, Use of Modified Rice Husks as A Natural Solid Adsorbent of Trace Metals: Characterization and Development of An Online Preconcentration System for Cadmium and Lead Determination by FAAS, *J. Microchemical*, 77, 163-175.
- Taty, V.C., Costodes Fauduet, H., Porte, C., dan Delacroix, A., 2003, Removal of Cd(II) and Pb(II) Ions, from Aqueous Solutions, by Adsorption Onto Sawdust of Pinus Sylvestris, *J. Hazard. Mater.*, 105, 121–142.
- Triyono, 2013, *Kesetimbangan Kimia*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wang, H. S., Qian-Xiu, Pan, dan Gui-Xiang., 2005, A Biosensor Based on Immobilization of Horseradish

Peroxidase in Chitosan Matrixcross-Linkedwith Glyoxal for Amperometric Determination of Hydrogen Peroxide, *Sensors*, 5, 266-276.

Windasari, R., 2009, Adsorpsi Zat Warna Tekstil *Direct Blue 86* oleh Kulit Kacang Tanah, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA UNNES, Semarang.

Wulandari, Y., Laeli, K., dan Indah, R., 2014, Adsorpsi Logam Timbal dalam Larutan Menggunakan Kulit Ketela Rambat (*Ipomoea batatas L*), *Prosiding SNST ke-5*, 2014, Semarang.