

PENYERAPAN ION Pb(II) MENGGUNAKAN ADSORBEN DARI LIMBAH PADAT LUMPUR AKTIF PENGOLAHAN AIR MINUM

Intan Lestari¹, Mahra Mahraja¹, Faizar Farid¹, Diah Riski Gusti¹, Edwin Permana²

¹Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi
²Program Studi Kimia Industri, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Jambi

ABSTRAK

Timbal merupakan salah satu polutan yang paling banyak digunakan dalam beberapa kegiatan industri seperti penambangan, peleburan, pemurnian minyak bumi, percetakan, produksi pigmen, dan pembuatan baterai. Permasalahan logam berat dapat ditanggulangi dengan penurunan kadar logam berat menggunakan teknik penyerapan. Salah satu adsorben yang digunakan untuk penyerapan ion Pb(II) adalah limbah padat lumpur aktif dari pengolahan air minum. Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan limbah padat lumpur aktif yang di ambil dari sisa pengolahan air minum PDAM Tirta Mayang Jambi dan diaktifasi menggunakan KOH. Adsorben digunakan untuk penyerapan ion Pb(II) dengan metoda penyerapan dilakukan secara statis. Adsorben dikarakterisasi menggunakan FTIR, SEM dan XRF. Ion Pb(II) dalam larutan dianalisis dengan menggunakan metoda Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Parameter penyerapan yang dipelajari adalah pH diperoleh pada pH 5, massa adsorben 0,2 g, waktu kontak 45 menit dan konsentrasi ion Pb(II) adalah 300 mg/L dengan kapasitas adsorbs 25,42 mg/g.

Kata kunci : Lumpur aktif, adsorben, Ion Pb(II), penyerapan, SSA.

ABSTRACT

The lead metal is one of the pollutants most widely used in several industrial activities such as mining, smelting, refining petroleum, printing, pigment production, and battery production. Heavy metal problems can be overcome by decreasing heavy metal content using adsorption techniques. One of the adsorbents used for Pb(II) ion adsorption is activated sludge solid waste from drinking water treatment. This study aims using activated sludge solid waste from drinking water treatment Local Water Company Tirta Mayang Jambi and activated using KOH. The adsorbent used for adsorption of Pb(II) ion by batch technique. Adsorbents are characterized using FTIR, SEM, XRF. Pb(II) ion in the solution analysis with Adsorption Atomic Spectrophotometer (AAS). The adsorption parameters studied were pH was pH 5, adsorbent mass was 0.2 g, contact time was 45 minute and concentration of Pb(II) ion was 300 mg/L with adsorption capacity was 25.42 mg/g.

Keywords : Activated sludge, adsorbent, Pb(II) ion, adsorption, AAS.

PENDAHULUAN

Limbah yang mengandung logam berat termasuk golongan limbah bahan berbahaya dan beracun. Limbah ini merupakan masalah lingkungan yang menjadi perhatian banyak pihak, terutama bagi industri di tanah air. Masalah limbah logam berat sangat serius diperhatikan mengingat dampak yang ditimbulkannya begitu nyata bagi kehidupan makhluk hidup, termasuk manusia. Logam berat dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi manusia (Rachmawati dan Ma'ruf, 2013).

Salah satu logam yang memiliki dampak negatif cukup berbahaya adalah logam timbal (Pb). Timbal merupakan salah

satu polutan yang paling banyak digunakan dalam beberapa kegiatan industri seperti penambangan, peleburan, pemurnian minyak bumi, percetakan, produksi pigmen, dan pembuatan baterai. Polusi air yang disebabkan oleh timbal telah menjadi masalah serius bagi kesehatan lingkungan dan masyarakat. Logam timbal bersifat non-biodegradable dan dapat terakumulasi pada organisme hidup (Ge dkk., 2012; Sud dkk., 2008), oleh karena itu perlu dilakukan penyerapan ion logam timbal dari air limbah sebelum dilepaskan ke lingkungan.

Beberapa metoda konvensional untuk menghilangkan ion Pb(II) dari fase air meliputi presipitasi, pertukaran ion, penyerapan secara biologis, filtrasi membran,

* Korespondensi:
Telepon: -
Email: intan.chem15@gmail.com
DOI: <https://doi.org/10.35799/cp.13.2.2020.31391>

elektrokimia, dan adsorpsi (Zhu dkk., 2014). Di antara metoda tersebut adsorpsi adalah metode yang sederhana, efektif, dan ekonomis (Ihsanullah dkk., 2016).

Limbah lumpur adalah produk sampingan dari pengolahan air limbah kota, mengandung beberapa polutan organik, bersifat patogenik, dan mengandung logam berat. Karena tingginya kandungan zat organik, limbah lumpur telah digunakan sebagai bahan baku berbiaya rendah yang cocok untuk pembuatan karbon yang diaktifkan secara pirolisis (Hadi dkk., 2015; Zielin 'ska dan Oleszczuk, 2015). Bahan karbon berpori dapat digunakan untuk menyerap logam berat, antibiotik, pewarna, dan polutan organik lainnya dalam larutan (Ahmed dkk., 2016; Xu dkk., 2015). Konversi limbah lumpur padat menjadi adsorben adalah pilihan yang menjanjikan untuk memanfaatkan limbah lumpur padat menjadi adsorben dengan biaya rendah menjadi bahan berguna (Hadi dkk, 2015), serta mengurangi risiko lingkungan yang disebabkan oleh keracunan logam. Dalam pembuatan lumpur aktif, aktivasi kimia digunakan dimana aktivator dapat mempengaruhi struktur pori, gugus fungsi dan adsorpsi kinerja logam (Jin dkk., 2014; Trakal dkk., 2014). Aktivator kimia yang biasa digunakan adalah $ZnCl_2$, $NaOH$, KOH , H_2SO_4 dan H_3PO_4 (Hadi dkk., 2015). Pan dkk (2011) melaporkan bahwa adsorben yang terbuat dari lumpur diaktifasi secara kimia memiliki luas permukaan dan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi untuk polutan dari pada lumpur aktifasi secara biologis. Lumpur aktifasi secara kimia berbeda dari lumpur biologis, yang dihasilkan dari presipitasi kimia air limbah dengan koagulan. Kehadiran koagulan dan produk sampingnya dalam bahan lumpur aktifasi kimia dapat mempengaruhi sifat tekstur dari adsorben lumpur dan hasil penyerapan kontaminan yang dihilangkan (Pan dkk., 2011; Xu dkk., 2015). Apriani dkk (2013) telah melakukan penelitian pembuatan adsorben dari kulit durian yang diaktivasi dengan KOH . Aktivasi ini mampu memperbesar pori dari adsorben dengan konsentrasi KOH 25% dengan ukuran rata-rata diameter pori 8,277 μm dan mampu menurunkan konsentrasi logam Fe sebanyak 85,38%.

Hajar dkk (2014) telah memanfaatkan limbah lumpur aktif pengolahan air minum

PDAM Kota Pontianak sebagai adsorben. Lumpur aktif dikarakterisasi menggunakan X-Ray Fluorescence dan ditemukan mengandung SiO_2 dan Al_2O_3 masing-masing sebesar 49,11% dan 29,45%. Adsorben yang diperoleh memiliki daya serap terhadap iod yaitu 363,679 mg/g. Chiang dkk (2012) telah melakukan penelitian menggunakan limbah padat lumpur aktif pengolahan air minum di West Flanders, Belgia untuk penyerapan campuran ion logam Pb^{2+} dan Zn^{2+} dengan kapasitas penyerapan maksimum yang diperoleh untuk masing-masing ion logam Pb^{2+} dan Zn^{2+} adalah 0,5 mmol/g dan 0,19 mmol/g.

Salmariza (2012) memanfaatkan limbah padat lumpur aktif proses industri karet remah sebagai adsorben menunjukkan bahwa limbah lumpur remah memiliki daya serap yang tinggi, bahkan sampai 100% dalam menyerap logam Cr yang terdapat dalam air limbah. Penelitian Kusmaya dan Halim (2004) menggunakan adsorben lumpur aktif memberikan hasil yang tinggi dengan persentase efisiensi removal logam berat Cr(III) yaitu 98,26-99,73%.

Tujuan dari penelitian ini membuat adsorben dari limbah padat lumpur pengolahan air minum PDAM Tirta Mayang Jambi yang diaktifasi secara kimia dengan menggunakan KOH dan digunakan untuk penyerapan ion $Pb(II)$. Parameter adsorpsi yang dipelajari adalah variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi ion $Pb(II)$. Adsorben limbah padat lumpur yang di aktifasi KOH dikarakterisasi menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF), Fourier Transform Infra Red (FTIR), Scanning Electron Microscope (SEM) dan analisis ion $Pb(II)$ menggunakan SSA.

METODE PENELITIAN

Preparasi lumpur sisa pengolahan air PDAM

Sebanyak 150 g sampel limbah padat lumpur dikumpulkan dari limbah pengolahan air minum PDAM Tirta Mayang Jambi, dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 24 jam. Lumpur padat yang telah kering ditimbang sampai diperoleh berat konstan kemudian diayak dengan ayakan berukuran 170 mesh dan digunakan untuk penelitian selanjutnya.

Aktivasi lumpur

Sebanyak 100 g lumpur padat hasil preparasi dimasukkan ke dalam gelas piala ukuran 1000 ml, ditambahkan larutan KOH 2M dengan perbandingan lumpur dan larutan KOH yaitu 1 : 2, campuran diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 3 jam dengan kecepatan 120 rpm, campuran didiamkan selama 15 menit dan disaring sehingga diperoleh padatan. Padatan dibilas dengan aquades sampai pH netral dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 120 °C selama 5 jam. Lumpur yang telah diaktivasi digunakan untuk percobaan selanjutnya.

Karakterisasi adsorben lumpur aktif

Identifikasi gugus fungsi pada adsorben lumpur padat setelah diaktivasi dengan KOH di analisis dengan menggunakan FTIR, morfologi permukaan adsorben dikarakterisasi menggunakan SEM dan komposisi adsorben lumpur aktif sebelum dan sesudah aktivasi ditentukan dengan menggunakan XRF.

Penentuan kondisi optimum adsorpsi ion logam Pb(II)

Parameter yang dipelajari untuk penentuan kondisi optimum penyerapan adalah pengaruh pH, massa, waktu kontak dan konsentrasi larutan Pb(II). Sebanyak 20 mL larutan Pb²⁺ masing-masing dengan konsentrasi 10 mg/L disiapkan dan dimasukkan ke dalam 5 buah erlenmeyer 100 mL. pH larutan di atur menjadi pH 3, 4, 5, 6 dan 7 menggunakan larutan HNO₃ 0,01M dan NaOH 0,01M, selanjutnya ditambahkan 0,2 g adsorben lumpur aktif ke dalam masing-masing erlenmeyer yang berisi larutan Pb(II). Campuran di aduk dengan kecepatan 120 rpm selama 15 menit dan disaring. Filtrat di analisis dengan menggunakan SSA pada panjang gelombang 217 nm. Untuk pengaruh massa adsorben dilakukan dengan memvariasikan massa adsorben dari 0,1 - 0,5 g, pengaruh waktu kontak dilakukan dengan memvariasikan waktu kontak dari 15-120 menit dan pengaruh konsentrasi larutan Pb(II) dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi larutan Pb(II) dari konsentrasi 10 - 500 mg/L.

Kapasitas penyerapan (Q_e) ion logam Pb(II) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

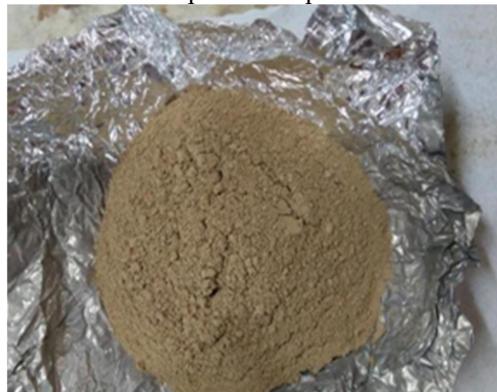
$$Q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V$$

Dengan Q_e = kapasitas penyerapan (mg/g), C_0 = Konsentrasi mula-mula ion Pb(II) (mg/L), C_e = Konsentrasi ion Pb(II) pada saat kesetimbangan (mg/L), V = volume larutan ion Pb(II) (mL) dan m = massa adsorben (g).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivasi lumpur PDAM

Lumpur padat pengolahan air minum diaktivasi untuk meningkatkan kemampuan dalam proses adsorpsi ion Pb(II). Proses aktivasi juga berfungsi untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang terdapat di dalam lumpur PDAM. Aktivator yang digunakan adalah KOH. KOH merupakan basa kuat yang mampu menghilangkan zat-zat pengotor dan mampu memperbesar ukuran pori dari adsorben (Apriani dkk., 2013). Penggunaan KOH akan memberikan endapan silika yang cukup besar. Fadli, dkk (2013) telah melakukan ekstraksi silika dengan menggunakan KOH, endapan SiO₂ yang diperoleh sebesar 40,8%. Proses aktivasi dengan KOH menghasilkan senyawa mikropori dan mesopori (Zikra dan Yenti, 2016). Hasil limbah lumpur padat yang di aktifasi KOH dapat dilihat pada Gambar 1.

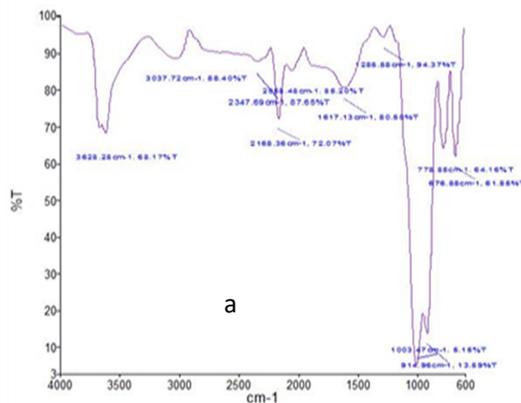


Gambar 1. Serbuk lumpur PDAM aktivasi KOH

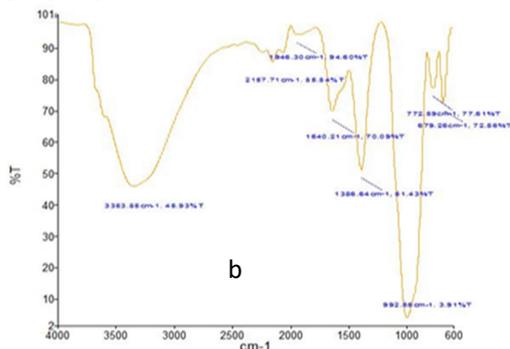
Karakterisasi adsorben lumpur aktif

Spektrum FTIR dari adsorben sebelum dan sesudah penyerapan Pb(II) ditunjukkan pada Gambar 2. Pita lebar daerah sekitar 3628,28 cm⁻¹ mengindikasikan adanya gugus hidroksil (-OH) dan menyempit setelah penyerapan menjadi 3353,85 cm⁻¹,

Silverstain, et al (2005) mengungkapkan bahwa pada bilangan gelombang 3550-3200 cm^{-1} terjadi vibrasi *stretching* O-H. Pita serapan pada bilangan gelombang 3037,72 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan =C-H, pada bilangan gelombang 1640-1650 cm^{-1} adanya getaran C=C (Martins dkk., 2013), menjadi sempit setelah penyerapan Pb(II). Pada Gambar 2, puncak baru muncul pada bilangan gelombang 1003,47 cm^{-1} mengindikasikan adanya vibrasi Si-O, pada 914,6 cm^{-1} vibrasi tekuk Al-O dan pada 778,85 cm^{-1} vibrasi tekuk Si-OH. Setelah penyerapan ion Pb(II) terjadi pergeseran. Pergeseran ini menyatakan bahwa terbentuk kompleks langsung antara ion Pb(II) dan gugus aktif yang ada pada permukaan adsorben. Panda dkk (2011) melaporkan terjadi pergeseran pita bilangan gelombang menjadi lebih rendah disebabkan oleh adsorpsi ion timbal.



Gambar 2a. Spektra FTIR sebelum penyerapan.



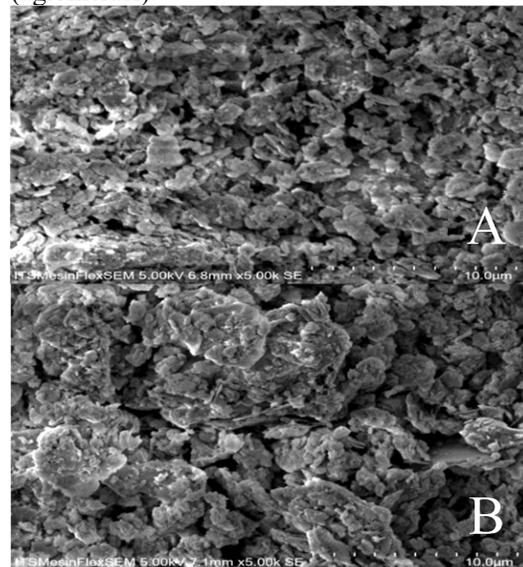
Gambar 2b. Spektra FTIR setelah penyerapan Pb(II).

Dari spektra FTIR tampak jelas terdapat gugus -OH, menurut Sari (2016) adanya gugus -OH membantu dalam proses penyerapan dimana ikatan yang terbentuk adalah ikatan kompleks terkoordinasi karena

pasangan elektron bebas dari atom O pada -OH akan menempati orbital kosong yang dimiliki oleh ion Pb(II). Berdasarkan prinsip *Hard and Soft Acid Base* (HSAB) ion Pb(II) adalah kation yang bersifat asam lemah, akan dapat berikatan dengan basa kuat seperti ion hidroksida OH^- dan ion karboksilat CH_3COO^- (Sukarta, 2008).

Karakterisasi morfologi permukaan

Karakterisasi SEM digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan pada lumpur PDAM sebelum dan setelah aktivasi. Untuk hasil SEM lumpur yang belum teraktivasi dan setelah teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 3. Morfologi permukaan lumpur tidak teraktivasi dan teraktivasi KOH tidak menunjukkan perubahan yang terlalu signifikan. Hasil morfologi SEM menunjukkan bahwa lumpur yang teraktivasi KOH memiliki morfologi gumpalan seperti lempengan yang lebih besar. Lempengan yang besar memiliki pori yang lebih banyak, sehingga dapat meningkatkan proses adsorpsi. Hasil SEM setelah proses teraktivasi KOH, struktur pori-pori lumpur tidak terlalu terlihat karena disebabkan oleh beberapa partikel yang menempel pada pori-pori lumpur tersebut. Pada penelitian Mustopa dan Risanti (2013) diperoleh morfologi permukaan lumpur yang tidak teraktivasi dan teraktivasi KOH memiliki morfologi yang menggumpal (aglomerasi).



Gambar 3. Struktur morfologi adsorben lumpur teraktivasi KOH sebelum (A) dan setelah penyerapan Pb(II) (B).

Chiang dkk (2012) memperoleh hasil SEM dari lumpur aktif PDAM di West Flanders Belgia memiliki morfologi permukaan yang hampir sama dengan lumpur PDAM Tirta Mayang Kota Jambi. Morfologi permukaan yang dimiliki oleh lumpur PDAM di West Flanders, Belgia berupa gumpalan hanya saja gumpalan tidak menyerupai lempengan. Mustopa dan Risanti (2013) juga memberikan hasil yang sama untuk lumpur

lapindo Sidoarjo, dimana aktivator basa yang digunakan dalam proses aktivasi adalah NaOH.

Karakterisasi XRF.

Analisis unsur- unsur yang terdapat pada adsorben lumpur yang diaktifasi KOH dilakukan menggunakan XRF dan hasil dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi XRF Sebelum Proses Penyerapan Ion Logam Pb(II)

Unsur	Konsentrasi	Komponen Geologi	Konsentrasi	Komponen Oksida	Konsentrasi
Al	25.102%	Al ₂ O ₃	28.807%	Al ₂ O ₃	28.702%
Si	52.636%	SiO ₂	57.793%	SiO ₂	57.518%
P	0.588%	P ₂ O ₅	0.594%	P ₂ O ₅	0.591%
Mg	1.808%	MgO	2.008%	MgO	2.001%
Ca	1.056%	CaO	0.610%	CaO	0.606%
K	3.174%	K ₂ O	1.632%	K ₂ O	1.622%
Fe	12.139%	Fe ₂ O ₃	6.612%	Fe ₂ O ₃	6.567%

Tabel 2. Hasil Karakterisasi XRF Setelah Proses Penyerapan Ion Logam Pb(II)

Unsur	Konsentrasi	Komponen Geologi	Konsentrasi	Komponen Oksida	Konsentrasi
Al	23.966%	Al ₂ O ₃	28.106%	Al ₂ O ₃	28.038%
Si	54.157%	SiO ₂	60.198%	SiO ₂	60.009%
P	0.366%	P ₂ O ₅	0.371%	P ₂ O ₅	0.369%
Mg	0.943%	MgO	1.086%	MgO	1.066%
Ca	0.906%	CaO	0.4995	CaO	0.497%
K	9.592%	K ₂ O	4.852%	K ₂ O	4.831%
Fe	7.004%	Fe ₂ O ₃	3.734%	Fe ₂ O ₃	3.716%
Pb	0.989%	Pb	0.340%	PbO	0.364%

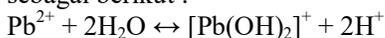
Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa sebelum penyerapan ion logam Pb(II) ditemukan beberapa unsur-unsur yang dominan seperti Al dalam bentuk senyawa Al₂O₃ dan Si dalam bentuk SiO₂. Senyawa Al₂O₃ dan SiO₂ merupakan senyawa yang berperan sangat penting dalam proses penyerapan karena dapat mengikat ion logam Pb(II). Pada Tabel 1 tidak ada ditemukan ion Pb(II) dalam limbah padat lumpur aktif. Akan

tetapi pada Tabel 2 setelah dilakukan proses penyerapan ion Pb(II) ditemukan unsur Pb sebesar 0,989 %, hal ini berarti telah terjadi penyerapan ion logam pada permukaan adsorben limbah lumpur aktif.

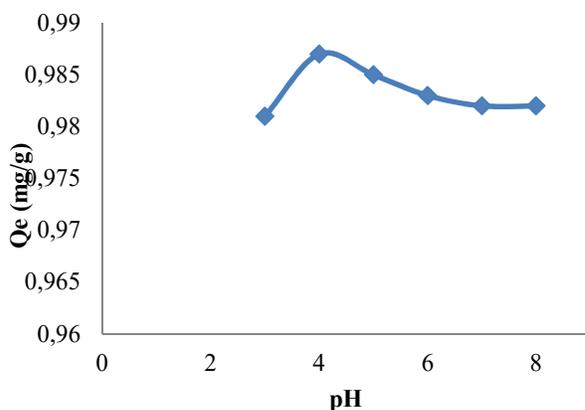
Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Ion Logam Pb(II)

Pengaruh pH terhadap penyerapan

Pengaruh pH terhadap penyerapan Pb(II) dapat dilihat pada Gambar 4. Penyerapan yang baik terjadi pada pH 4 dengan nilai kapasitas penyerapan yaitu 0,987 mg/g. Pada pH rendah (1-3) atau pH asam penyerapan ion logam Pb(II) relatif kecil. Hal ini dapat disebabkan pada kondisi asam, gugus fungsi yang terdapat pada adsorben terprotonasi, sehingga terjadi pengikatan ion hidrogen (H^+) dan ion hidronium (H_3O^+). Dalam kondisi asam permukaan adsorben bermuatan positif, maka akan terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan ion logam akibatnya adsorpsi rendah. Pada pH 4 adsorpsi relatif tinggi, hal ini dapat terjadi karena kompleks hidroksida logam (MOH^+) yang terbentuk di dalam larutan lebih banyak, demikian juga permukaan adsorben akan bermuatan negatif dengan melepaskan proton sehingga melalui gaya elektrostatik akan terjadi tarik menarik yang menyebabkan peningkatan adsorpsi. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



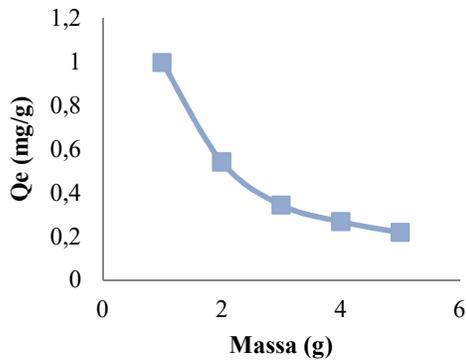
Pada pH 5 ke atas adsorpsi mulai menurun, hal ini terjadi karena pada pH tersebut ion logam Pb(II) mulai terhidrolisis dan terbentuk spesies $Pb(OH)_3^-$. Pada pH tinggi permukaan adsorben bermuatan negatif, akibatnya terjadi tolakan antara permukaan adsorben dan spesies ion logam, sehingga adsorpsi menjadi berkurang. Pada pH netral atau cenderung basa efisiensi adsorpsi dan kapasitas penyerapan cenderung mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena Pb(II) dapat mengalami reaksi hidrolisis dalam larutan sehingga tidak stabil dan menyebabkan kemampuan adsorben limbah lumpur aktif mengalami penurunan untuk menyerap Pb(II). Pada kondisi pH basa, ion logam dapat membentuk endapan hidroksida sehingga proses adsorpsi sulit terjadi (Raditya dan Hendiyanto, 2010).



Gambar 4. Pengaruh pH terhadap kapasitas penyerapan Pb(II) pada adsorben lumpur aktifasi KOH.

Pengaruh massa

Pengaruh massa terhadap kapasitas penyerapan dapat dilihat pada Gambar 5. Semakin banyak adsorben yang digunakan, maka kapasitas penyerapan semakin menurun. Namun pada efisiensi hasil yang diperoleh tidak memberikan hasil yang linear. Pada Gambar 5 dapat dilihat massa adsorben 0,2 g memiliki kapasitas penyerapan dan efisiensi yang tinggi dengan nilai berturut-turut yaitu 0,969 mg/g. Menurut Nurafriyanti dkk (2017) semakin banyak adsorben yang digunakan maka semakin banyak gugus aktif yang tersedia sehingga pertukaran H^+ dengan ion logam, tetapi terjadi penurunan penyerapan oleh adsorben karena ion logam dan adsorben telah mencapai titik jenuh sehingga adsorben tidak mampu lagi untuk menyerap ion logam. Peningkatan kapasitas adsorpsi disebabkan oleh jumlah pembukaan situs aktif yang lebih besar sehingga adsorben lebih banyak menyerap adsorbat dan kapasitas adsorpsi akan meningkat sampai tercapainya bobot optimum. Setelah kondisi optimum, tidak tampak terjadi penyerapan yang signifikan. Hal ini disebabkan sudah tidak ada lagi adsorbat yang dijerap sehingga penambahan adsorben sampai kondisi tertentu tidak akan memberi dampak pada peningkatan kapasitas adsorpsi (Maslahat dkk., 2015).

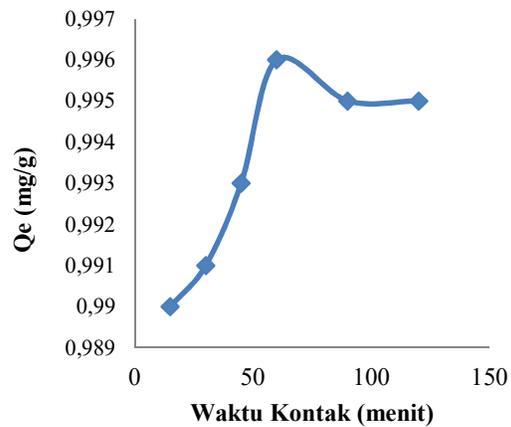


Gambar 5. Pengaruh massa adsorben terhadap kapasitas penyerapan Pb(II).

Pengaruh waktu kontak

Pengaruh waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 6. Semakin lama waktu kontak semakin banyak logam yang terserap karena semakin banyak kesempatan partikel adsorben untuk bersinggungan dengan logam. Akan tetapi apabila adsorbennya telah jenuh, maka waktu kontak tidak lagi berpengaruh terhadap daya serap. Pada waktu kontak 90 menit terjadi penurunan kapasitas serapan. Hal ini terjadi karena waktu kontak yang terlalu lama menyebabkan terjadinya peristiwa desorpsi adsorbat dari permukaan adsorben disebabkan karena permukaan adsorben telah jenuh. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik, namun pada kondisi dinama situs aktif sudah jenuh akan terjadi penurunan kapasitas penyerapan (Salmariza dkk., 2016). Dari hasil analisis yang dilakukan, pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan memiliki bentuk grafik yang linear. Kapasitas penyerapan semakin besar seiring bertambahnya waktu kontak. Kapasitas adsorpsi terbesar terjadi pada waktu 60 menit, kemudian mengalami penurunan kapasitas penyerapan pada waktu 90 menit. Menurut Maslahat dkk (2015) Penambahan waktu kontak tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penyerapan Pb(II) dalam adsorben. Waktu optimum tercapai apabila peningkatan kadar Pb(II) teradsorpsi mencapai titik maksimalnya, sehingga penambahan waktu kontak tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan kadar Pb(II) dalam sampel. Dalam hal ini terjadi karena Pb(II) teradsorpsi secara fisik (reversible) yang

menyebabkan semakin lamanya waktu kontak akan menyebabkan terlepasnya kembali Pb(II) ke dalam larutan sampel (Lestari, 2010).

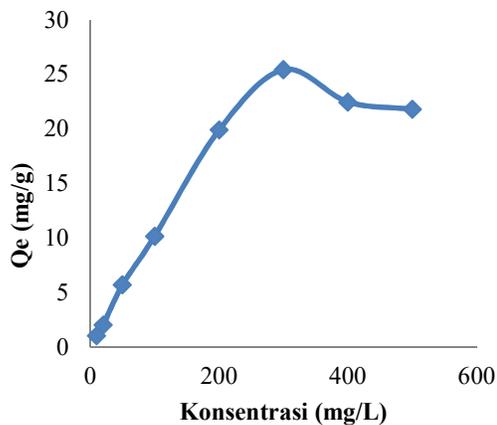


Gambar 6. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan Pb(II).

Pengaruh konsentrasi larutan

Pengaruh konsentrasi larutan Pb(II) terhadap kapasitas penyerapan dapat dilihat pada Gambar 7. Jumlah ion Pb(II) yang terserap meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi larutan Pb(II) yang dikontakkan dengan adsorben lumpur. Pada konsentrasi rendah yaitu 10 mg/L kapasitas penyerapan yang diperoleh sebesar 0,995 mg/g kemudian mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi larutan Pb(II) hingga mencapai kondisi optimum pada konsentrasi 300 mg/L dengan kapasitas penyerapan 25,42 mg/g. Hal ini sesuai dengan penelitian Venugopal dan Mohanty (2011) yang menyatakan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi ion logam efisiensi penyerapan semakin berkurang, dikarenakan kemampuan menyerap adsorben terhadap ion logam sudah maksimum dimana penurunan efisiensi penyerapan pada konsentrasi tinggi terjadi karena jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel adsorben yang tersedia sehingga adsorben akan mencapai titik jenuh dan efisiensi penyerapan akan berkurang. Konsentrasi ion logam sangat erat hubungannya dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan adsorben, yang mampu mengikat logam tersebut. Bila jumlah sisi aktif cukup besar dibanding jumlah ion logam maka kapasitas penyerapan akan tinggi. Namun pada kondisi tertentu kapasitas

penyerapan akan konstan bahkan terjadi penurunan karena telah terjadi kejenuhan pada adsorben. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion yang tersedia untuk berikatan di daerah ikatan permukaan berlebih dan gaya dorong dari ion logam semakin kuat, dengan demikian terjadi peningkatan adsorpsi (Chaidir dkk., 2015). Konsentrasi ion logam berhubungan dengan banyaknya ion logam yang dapat berinteraksi dengan sisi aktif adsorben. Sehingga semakin banyak ion logam dalam larutan maka semakin banyak kemungkinan terjadinya interaksi dengan sisi aktif adsorben sehingga kapasitas penyerapan meningkat (Bhernama, 2017).



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas penyerapan Pb(II).

KESIMPULAN

Limbah lumpur aktif pengolahan air minum PDAM Tirta Mayang Jambi memiliki potensi untuk dijadikan sebagai adsorben ion logam Pb(II) dengan adanya kandungan utama silika dan alumina yang merupakan situs aktif dalam pembuatan adsorben, dan munculnya gugus hidroksil (O-H) setelah dilakukannya proses aktivasi yang mampu meningkatkan kinerja adsorben dalam proses penyerapan ion logam Pb(II). Adsorben dari limbah lumpur aktif pengolahan air minum PDAM Tirta Mayang Jambi memiliki morfologi permukaan yang menggumpal (aglomerasi), dimana lumpur yang teraktivasi KOH memiliki morfologi permukaan seperti lempengan yang lebih besar dibandingkan dengan lumpur sebelum teraktivasi KOH. Penyerapan optimum ion logam Pb(II) diperoleh pada kondisi pH 5, massa adsorben

0,2 g, waktu kontak 60 menit dan konsentrasi larutan Pb(II) adalah 300 mg/L dengan kapasitas penyerapan sebesar 25,420 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M.B., Zhou, J.L., Ngo, H.H. & Guo, W. 2016. Insight into biochar properties and its cost analysis. *Biomass Bioenergy*. 84, 76 – 86.
- Apriani, R., Faryuni, I.D. & Wahyuni, D. 2013. Pengaruh konsentrasi aktivator kalium hidroksida (KOH) terhadap kualitas karbon aktif kulit durian sebagai adsorben logam Fe pada air gambut. *Prisma Fisika*. 1(2), 82–86.
- Chiang, Y. W., Santos, R.M., Ghyselbrecht, K., Cappuyns, V., Martens, J.A., Swennen, R. & Meesschaert, B. 2012. Adsorption of multi-heavy metals onto water treatment residuals: sorption capacities and applications. *Journal of Chemical Engineering*. 200, 405-415.
- Chaidir, Z., Hasanah, Q. & Zein, R. 2015. Penyerapan ion logam Cr(III) dalam larutan menggunakan kulit buah jengkol (*Pithecellobium jiringa* (Jack) Prain.). *Jurnal Riset Kimia*. 8(2), 2476-8960.
- Ge, F., Li, M.M., Ye, H. & Zhao, B. 2012. Effective removal of heavy metal ions Cd^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} from aqueous solution by polymer-modified magnetic nanoparticles. *Journal of Hazardous Matter*. 211–212, 366–372.
- Hadi, P., Xu, M., Ning, H. & Lin, C.S.K. 2015. A critical review on preparation, characterization and utilization of sludgederived activated carbons for wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*. 260, 895–906.
- Hajar, S., Wahyuni, N. & Destiarti, L. 2014. Karakterisasi Zeolit A sintesis dari lumpur PDAM Kota Pontianak dan Alumina. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 3(1), 12-16.
- Ihsanullah., Patel, F., Khraisheh, M., Atieh, M.A. & Laoui T. 2017. Novel aluminum oxide-impregnated carbon nanotube membrane for the removal of cadmium from aqueous solution. *Materials*. 10(10), 1144-1158.
- Jin, H., Capareda, S., Chang, Z., Gao, J., Xu, Y. & Zhang, J. 2014. Biochar pyrolytically produced from municipal

- solid wastes for aqueous As(V) removal: adsorption property and its improvement with KOH activation. *Bioresource Technology*. 169, 622–629.
- Kusmaya, M., Setiadi T.J. & Halim, M.B. 2013. Adsorpsi Kadmium(II) dan Kromium(III) dalam air oleh lumpur aktif. *Reaktor*. 7(2), 77-83.
- Lestari, S. 2010. Pengaruh berat dan waktu kontak untuk adsorpsi Timbal(II) oleh adsorben dari kulit batang jambu biji (*Psidium guajava* L.). *Jurnal Kimia Mulawarman*. 8(1), 7-10.
- Maslahat, M., Taufiq, A. & Subagja, P.W. 2015. Pemanfaatan limbah cangkang telur sebagai adsorben untuk adsorpsi logam Pb dan Cd. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*. 5(1), 92-100.
- Martins, A.E., Pereira, M.S., Jorgetto, A.O., Martines, M.A.U., Silva, R.I.V., Saeki, M.J. & Castro, G.R. 2013. The reactive surface of Castor leaf (*Ricinus communis* L) powder as a green adsorbent for the removal of heavy metals from natural river water. *Appl. Surf. Sci.* 276, 24–30.
- Mustopa, R.S. & Risanti, D.D. 2013. Karakterisasi sifat fisis lumpur panas sidoarjo dengan aktivasi kimia dan fisika. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(2), 256-261.
- Nurafriyanti., Prihatini, N.S. & Syauqiah, I. 2017. Pengaruh variasi pH dan berat adsorben dalam pengurangan konsentrasi Cr total pada limbah artifisial menggunakan adsorben ampas daun teh. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 3(1), 56-65.
- Pan, Z., Tian, J., Xu, G., Li, J. & Li, G. 2011. Characteristics of adsorbents made from biological, chemical and hybrid sludges and their effect on organics removal in wastewater treatment. *Water Resource*. 45, 819–827.
- Rachmawati, R. & Ma'ruf, W.F. 2013. Pengaruh lama perebusan kerang darah (*Anadara granosa*) dengan arang aktif terhadap pengurangan kadar logam kadmium dan kadar logam timbal. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*. 2(3), 41-50.
- Raditya, B.C. & Hendiyanto, O.C. 2010. Pemanfaatan kulit durian sebagai adsorben logam berat Pb pada limbah cair elektroplating. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol 8(1), 10-18.
- Salmariza, S., Mardiaty, M., Mawardi, M., Sofyan, S., Ardinal, A. & Purnomo, Y. 2016. Adsorpsi ion Cr(VI) menggunakan adsorben dari limbah padat lumpur aktif industri crumb rubber. *Jurnal Litbang Industri*. 6(2), 135-145.
- Silverstain, R. M., Webster, F.X. & Kiemle, D.J. 2005. *Identification of organic compounds*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Sud, D., Mahajan, G., Kaur, M.P. 2008. Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions – a review. *Bioresource Technology*. 99, 6017–6027.
- Trakal, L., Sigut, R., Sillerova, H., Faturikova, D. & Komarek, M. 2014. Copper removal from aqueous solution using biochar: effect of chemical activation. *Arabian Journal of Chemistry*. 7, 43–52.
- Venugopal, V. & Mohanty, K. 2011. Biosorptive uptake of Cr(VI) from aqueous solutions by Parthenium hysterophorus weed: Equilibrium, Kinetics and Thermodynamic Studies. *Chemical Engineering Journal*. 174(1), 151-158.
- Xu, G., Yang, X., Spinosa, L. 2015. Development of sludge-based adsorbents: preparation, characterization, utilization and its feasibility assessment. *Journal of Environment Management*. 151, 221–232.
- Zielinska, A., Oleszczuk, P., 2015. Evaluation of sewage sludge and slow pyrolyzed sewage sludge-derived biochar for adsorption of phenanthrene and pyrene. *Bioresource Technology*. 192, 618–626.
- Zikra, N. R. Y., Chairul dan Yenti, S.R. 2016. Adsorpsi ion logam Pb dengan menggunakan karbon aktif kulit durian yang teraktivasi. *Jom FTEKNIK*. 3(1), 1-8.