

**PEMANFAATAN LUMPUR PDAM TIRTA DIENKAPSULASI
DENGAN AGAR DAN GEL ALGINAT SEBAGAI ADSORBEN ION
LOGAM TIMBAL DI AIR**

**DRINKING WATER TREATMENT SLUDGE ENCAPSULATED IN
ALGINATE GEL AND AGAR FOR LEAD IONS ADSORPTION**



Della Gita Sari

Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia

Gedung M. Natsir . Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta

Email: delgit8@gmail.com

ABSTRAK

Timbal merupakan logam berat yang sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Cara yang paling tepat, efektif, dan ekonomis untuk meremedasi timbal adalah dengan menggunakan proses adsorpsi. Pada penelitian ini, digunakan lumpur PDAM Tirta Binangun Kulon Progo sebagai adsorben. Diketahui lumpur PDAM memiliki kemampuan adsorpsi karena mengandung asam humat dan besi oksida. Pada proses aplikasi di lapangan, lumpur ini cukup sulit untuk dipisahkan dari air limbah yang telah terolah. Maka dari itu, lumpur akan dienkapsulasi dengan agar dan gel alginat agar memudahkan proses separasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dari lumpur PDAM (RSP), lumpur PDAM yang diaktivasi dengan H_3PO_4 (PAS), PAS yang dienkapsulasi dengan agar (PAS-AR), dan PAS yang dienkapsulasi dengan AG (PAS-AG) terhadap ion logam Pb(II) di air. Pada penelitian ini, adsorpsi dilakukan menggunakan metode batch dengan parameter variasi massa adsorben, variasi pH larutan, variasi waktu kontak, dan variasi konsentrasi adsorbat. Data hasil BET menunjukkan bahwa luas permukaan adsorben setelah diaktivasi menjadi lebih besar yaitu dari $86\text{ m}^2/\text{g}$ menjadi $87\text{ m}^2/\text{g}$. Berdasarkan hasil model adsorpsi isoterm Langmuir, kapasitas adsorpsi RSP, PAS, PAS-AR, dan PAS-AG berturut-turut adalah $84,75\text{ mg/g}$, $181,81\text{ mg/g}$, $147,1\text{ mg/g}$ dan $192,3\text{ mg/g}$.

Kata kunci: adsorpsi, logam timbal, lumpur PDAM, alginat, agar

ABSTRACT

Lead present in environments can cause severe damage to human and aquatic life. Adsorption is considered to be the most effective and economical for the removal of lead. In this study, adsorbent is from sludge of Tirta Binangun DWTP Kulon Progo. It is noteworthy that Sludge from DWTP has ability to adsorb heavy metals as they contain humic acid and ferri oxide. However, it is difficult to remove it from treated wastewater due to their fine size. So, it is need to immobilized by agar and alginate gel for easy separation. The aim of the present work was to study the removal of Pb(II) ions using Raw Sludge Powder (RSP), Powder Activated Sludge (PAS), entrapped PAS within alginate gel (PAS-AG), and entrapped PAS within agar (PAS-AR). Adsorption process were conducted in batch method as a function of doses of adsorbent, pH solution, contact time, and initial concentration. The FTIR revealed that functional groups of RSP and PAS were not different. The SEM image showed that the surface area of PAS more porous than RSPs. The surface area of PAS was greater than RSP. From the Langmuir isotherm, the maximum adsorption capacity of RSP, PAS, PAS-AR and PAS-AG toward Pb(II) respectively were $84,75\text{ mg/g}$, $181,81\text{ mg/g}$, $147,1\text{ mg/g}$ and $192,3\text{ mg/g}$.

Keywords: lead, adsorption, Sludge of DWTP, alginate, agar

1. Latar Belakang

Plumbum (Pb) atau Timbal merupakan salah satu logam berat yang dianggap sebagai polutan berbahaya karena sifatnya yang resisten, dan toksisitasnya yang tinggi terhadap manusia dan lingkungan. Pb dapat menyebabkan berbagai penyakit kronis dan akut. Di wilayah Jogjakarta sendiri, terdapat beberapa industri yang menghasilkan limbah yang mengandung Pb baik dalam jumlah besar maupun kecil seperti industri perak, buangan bengkel, industri *fiberglass*, kerajinan cor alumunium, dan sebagainya. Adsorpsi adalah salah satu metode yang sangat efektif dan sederhana untuk mengolah air baku dan air limbah. Adsorpsi memiliki banyak kelebihan antara lain murah, mudah diimplementasikan, fleksibel, dan tidak ada produk sampingan yang berbahaya.

Sejauh ini, penanganan lumpur PDAM dalam jangka pendek hanyalah diletakkan di *Sludge Drying Bed*, sedangkan dalam jangka panjang dibuang ke TPA. Hal ini disebabkan karena dugaan bahwa lumpur PDAM tersebut berpotensi memberikan dampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan jika didaur ulang atau digunakan kembali. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Chiang *et al.* (2012), lumpur PDAM dapat dijadikan sebagai adsorben dan mampu meremediasi logam Pb, As, Ni, Cd, Co, dan Zn dengan efisiensi removal sebesar 80% pada dosis 250 mg/g. Tetapi, penelitian mengenai lumpur PDAM untuk dimanfaatkan sebagai adsorben yang dienkapsulasikan dengan agar dan gel alginat masih sangat terbatas.

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan Siswoyo *et al.* (2014) yaitu penentuan kapasitas adsorpsi lumpur PDAM terhadap ion kadmium, pada penelitian ini, modifikasi lumpur PDAM dilakukan dengan mengaktifasikan dengan asam pospat dan mengenkapsulasikan dengan agar dan gel alginat. Hal ini dikarenakan adsorben lumpur tentunya berbentuk butiran yang sangat halus sehingga sangat sulit memisahkan adsorben dari air yang sudah terolah. Enkapsulasi memiliki beberapa keuntungan dalam aplikasi di lapangan yaitu memudahkan proses pemisahan antara air

terolah dengan adsorben, meningkatkan retensi adsorben pada reaktor, meningkatkan densitas adsorben, dan memudahkan proses desorpsi (Khorramabadi *et al.*, 2012). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Pandey *et al.* (2009), selain untuk enkapsulasi, agar juga memiliki kapasitas adsorpsi terhadap ion logam timbal. Menurut Fiol *et al.* (2006), salah satu metode yang paling menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi sorpsi dari biosorben adalah mengenkapsulasikannya dengan kalsium gel alginat. Dalam penelitian ini, dilakukan identifikasi terhadap kapasitas adsorpsi dari lumpur PDAM jika dienkapsulasikan menggunakan agar atau gel alginat dengan pengaruh variasi massa adsorben, pH larutan, waktu adsorpsi, dan konsentrasi adsorbat terhadap ion logam Pb(II).

2. Metode Penelitian

2.1. Preparasi adsorben

Preparasi adsorben dilakukan dengan mengadopsi metode yang dilakukan Siswoyo *et al.* (2014). *Raw Sludge Powder* dibuat dengan cara lumpur dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60^o C selama 1-2 hari. Setelah kering, lumpur dihaluskan dan diayak dengan *sieve shaker* menggunakan saringan No. 140. Lumpur yang lolos dari saringan tersebut selanjutnya akan digunakan untuk uji adsorpsi dan sebagai bahan PAS. PAS dibuat dengan cara merendamkan RSP dengan H₃PO₄ 1 M menggunakan perbandingan 1 gram adsorben : 4 mL H₃PO₄ 1 M selama 24 jam. Setelah 24 jam, PAS dicuci hingga pH mendekati 5. Setelah itu, sampel dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60^oC selama 24 jam dan dihaluskan kembali.

Dalam pembuatan PAS-AG, digunakan larutan natrium alginat 3% dengan volume 30 mL. Larutan tersebut dicampurkan dengan 2 gram PAS dan diaduk selama 10 menit menggunakan *magnetic stirrer*. Untuk membentuk gel, larutan diteteskan ke CaCl₂ 10 % dengan menggunakan pipet ukur. Bulir-bulir PAS-AG yang terbentuk didiamkan selama 30 menit dan dicuci menggunakan aquades. Kemudian, PAS-AG dikeringkan dengan suhu 70^oC selama 3 jam. PAS-AR dibuat dengan mencampurkan PAS dan agar dengan perbandingan 1 gram agar : 2,5 gram PAS. Kemudian,

ditambahkan aquades sebanyak 40 mL dan dipanaskan hingga mendidih. PAS-AR kemudian diletakkan di wadah. Setelah mengeras, PAS-AR dipotong kecil-kecil kurang lebih 2 mm. Kemudian, PAS-AR dikeringkan dengan suhu 40°C selama 6 jam.

2.2. Karakterisasi adsorben

Scanning Electron Microscopy (JEOL JSM-7610F) untuk mengetahui penampang permukaan, *BET Surface Area Analyzer* (SAA) (BELSORP-mini, BEL Japan Inc., Osaka, Jepang) untuk mengetahui luas permukaan dan volume pori adsorben, *FTIR Analyzer* (NICOLET AVATAR 360 IR) untuk mengetahui gugus fungsi dalam adsorben dan *ICP-AES* (ICPE-9000 *Shimadzu Plasma Atomic Emission Spectrofotometer*) untuk mengetahui konsentrasi logam dalam adsorben, dan *elemental analyzer* untuk menganalisis kadar C, H, N, O dan debu.

2.3. Proses Adsorpsi

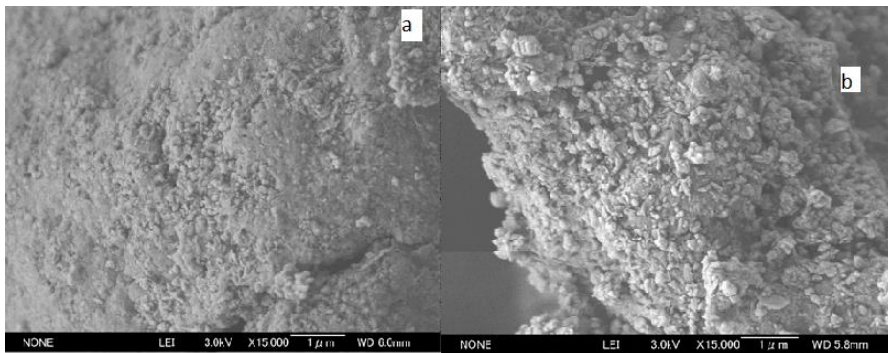
Pada proses pengujian pengaruh variasi massa ini, massa adsorben RSP dan PAS yang digunakan adalah 50 mg, 100 mg, 200 mg, 400 mg, dan 500 mg, dengan menggunakan waktu kontak 120 menit, pH larutan 6, dan 50 mL larutan Pb(II) 10 ppm dan 200 ppm pada suhu ruangan. Dosis optimum yang didapatkan akan digunakan sebagai acuan untuk pengujian selanjutnya dan proses enkapsulasi. Pada proses pengujian pH larutan, massa adsorben yang digunakan adalah massa optimum dari pengujian sebelumnya yaitu 200 mg RSP dan 100 mg PAS dengan waktu kontak 120 menit dan 50 mL larutan Pb(II) 200 ppm pada suhu ruangan. Adapun variasi pH yang digunakan yaitu 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8. Pada penelitian ini, digunakan variasi waktu untuk adsorben RSP dan PAS adalah 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Sedangkan untuk adsorben PAS-AR dan PAS-AG adalah 1, 2, 4, 6, 12 dan 24 jam. Massa adsorben yang digunakan adalah 200 mg RSP, 100 mg PAS, 100 mg PAS-AR, dan 100 mg PAS-AG. Digunakan 50 mL larutan Pb(II) 200 ppm dan pH larutan 6. Variabel konsentrasi larutan Pb(II) yang digunakan pada penelitian ini adalah 10, 200, 500, 750, 1000, 1250, dan 1500 ppm dengan massa adsorben yang digunakan seperti pada pengujian variasi waktu kontak.

Waktu kontak yang digunakan untuk adsorben RSP dan PAS adalah 120 menit dan untuk adsorben PAS-AR dan PAS-AG adalah 4 jam dengan pH larutan 6.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik adsorben

SEM digunakan untuk mengidentifikasi bentuk morfologi suatu material (bentuk permukaan dan bentuk pori-pori secara detail). Semakin berpori suatu permukaan adsorben, maka kapasitas



Gambar 3.1. Bentuk Permukaan (a) RSP dan (b) PAS dengan Perbesaran 15000 Kali

adsorpsi akan semakin besar. Dengan perbesaran 15.000 kali (Gambar 3.1), dapat disimpulkan bahwa lumpur yang diaktivasi dengan H_3PO_4 memiliki pori-pori yang lebih besar

dibandingkan lumpur yang belum diaktivasi. Sebelum diaktivasi, struktur pori-pori dari lumpur tidak terlalu nampak karena disebabkan beberapa partikel menyumbat pori-pori lumpur tersebut. Luas permukaan RSP dan PAS berturut-turut adalah $83,16 \text{ m}^2/\text{g}$ dan $87,14 \text{ m}^2/\text{g}$ sedangkan volume pori RSP dan PAS berturut-turut adalah $1,804 \text{ cm}^3/\text{g}$ dan $1,716 \text{ cm}^3/\text{g}$.

Analisis kadar unsur C, H, N, O dan debu pada sampel dilakukan dengan menggunakan *elemental analyzer*. Berdasarkan Tabel 3.1, kandungan unsur C, H, N, O pada adsorben PAS cenderung lebih sedikit dibandingkan dengan RSP. Tetapi, kandungan mineralnya meningkat setelah diaktivasi yaitu dari 78% menjadi 82%. Dari hasil tersebut, dapat ditarik kesimpulan jika proses aktivasi dengan H_3PO_4 , tidak meningkatkan kadar oksigen maupun kadar karbon sekalipun.

Analisa gugus fungsi dilakukan dengan menggunakan FTIR. Spektra FTIR dari RSP dan PAS terdapat pada Gambar 3.2. Dari data FTIR, RSP dan PAS menunjukkan frekuensi serapan berturut-

turut yaitu 3452 cm⁻¹ dan 3442 cm⁻¹ yang menandakan adanya ikatan O-H. Ikatan ini menunjukkan

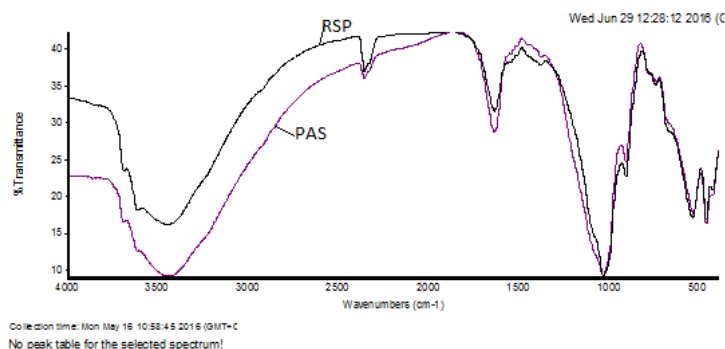
Tabel 3.1. Hasil Uji Elemental Analyzer

Unsur (% w/w)	RSP	PAS
C	0,74%	0,57%
H	0,42%	0,32%
N	0,09%	0,06%
O	19,91%	17,07%
Ash	78,846%	81,98%

bahwa adanya gugus fenol pada lumpur tersebut yang menandakan adanya kehadiran asam humat pada lumpur. Pada hasil FTIR, frekuensi vibrasi 912,98 cm⁻¹ dan 913,61 cm⁻¹ serta 1036,36 cm⁻¹ dan 1038,93 cm⁻¹ mengindikasikan bahwa dalam lumpur ini terdapat gugus silika, gugus alumina, dan gugus

phospat. Kemungkinan gugus-gugus fungsional tersebut merupakan gugus fungsi dari senyawa SiO₂ dan Al₂O₃ yang berperan dalam mengikat adsorbat pada proses adsorpsi.

Berdasarkan hasil uji kandungan logam pada RSP, diketahui bahwa kandungan unsur logam



Gambar 3.2. Hasil Uji FTIR Terhadap Adsorben RSP dan

PAS

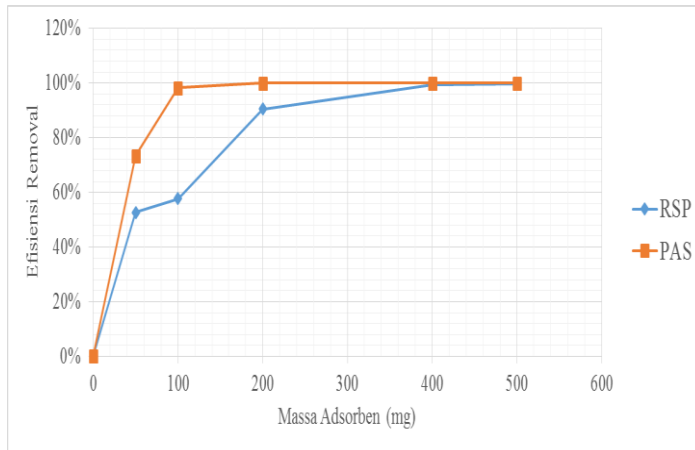
terbesar pada lumpur tersebut adalah Al dengan konsentrasi lebih dari 70.000 mg/kg. Kandungan unsur Al pada lumpur ini jauh lebih tinggi

dibandingkan dengan lumpur PDAM Miyamachi dan

Nishino (Siswoyo *et al.*, 2014) yaitu hanya sebesar 63600 mg/kg dan 53250 mg/kg. Adapun unsur-unsur logam yang tidak terdeteksi adalah Pb dan As. Kandungan unsur Fe pada lumpur ini juga lebih tinggi dibandingkan dengan lumpur PDAM Miyamachi dan Nishino yaitu lebih dari 30.000 mg/kg (Tabel 3.2).

3.2. Pengaruh Dosis Adsorben

Hasil uji kapasitas adsorpsi RSP dan PAS berdasarkan variasi massa adsorben dengan konsentrasi larutan Pb(II) 10 ppm dan 200 ppm. Pengujian menggunakan larutan Pb(II) 10 ppm menunjukkan



Gambar 3.3. Pengaruh Variasi Massa Adsorben RSP dan PAS Terhadap Kapasitas Adsorpsi Ion Logam

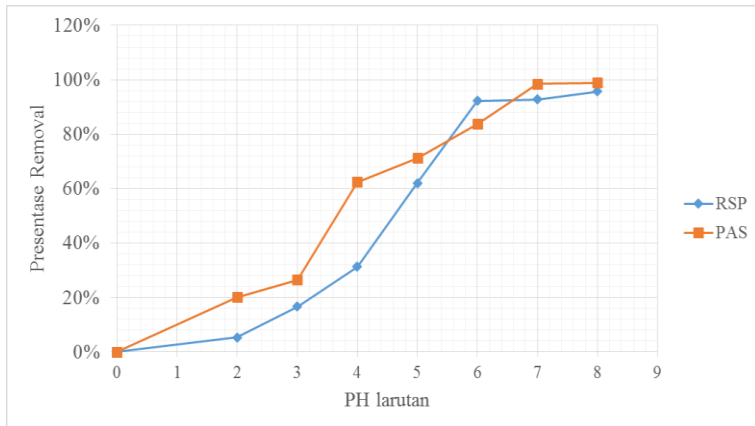
bahwa dengan konsentrasi tersebut ion logam Pb(II) terserap sempurna bahkan dengan menggunakan dosis adsorben terkecil yaitu 50 mg. Pengujian menggunakan larutan Pb(II) 200 ppm, menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan logam Pb(II) menggunakan RSP optimum pada 100 mg dan PAS optimum pada 200 mg. Dalam proses

adsorpsi, dosis adsorben merupakan salah satu hal yang penting. Dosis adsorben berpengaruh terhadap ketersediaan situs aktif adsorpsi pada adsorben. Adsorpsi logam Pb(II) meningkat seiring dengan meningkatnya dosis adsorben dari 50 mg hingga 500 mg (Gambar 3.2). Ketika dosis adsorben meningkat, kompetisi antar molekul-molekul adsorbat terhadap situs-situs ikatan akan berkurang. Meningkatnya dosis adsorben akan meningkatkan jumlah ion logam yang akan teradsorpsi ke permukaan adsorben karena situs-situs aktif tersedia lebih banyak untuk proses adsorpsi (Bhargava dan Sheldarkar, 1992). Menurut Nair *et al.* (2014), jumlah dosis adsorben yang besar akan meningkatkan permukaan adsorben, pori, situs aktif dan jumlah situs tak jenuh.

3.3. Pengaruh variasi pH larutan

Berdasarkan Gambar 3.4, adsorpsi ion logam Pb(II) meningkat tajam pada pH 4-6, dan konstan pada pH 6-8. pH merupakan parameter yang sangat penting dalam proses adsorpsi larutan logam.

Kelarutan logam, konsentrasi counter ion pada gugus fungsional adsorben, dan derajat ionisasi adsorbat selama proses adsorpsi sangat dipengaruhi oleh pH larutan.. Penelitian baru-baru ini



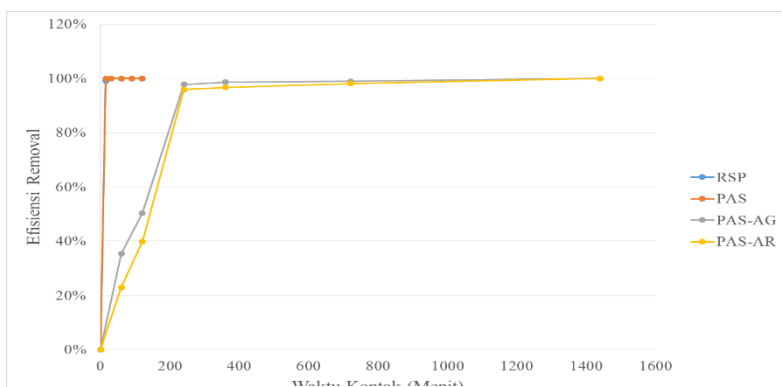
Gambar 3.4. Pengaruh Variasi pH Terhadap Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dengan Adsorben RSP dan PAS

menunjukkan bahwa jika pH larutan ditingkatkan maka kapasitas adsorpsi terhadap ion logam timbal juga akan meningkat, khususnya pada pH diatas 4. Pb(II) dapat membentuk Pb^{2+} , $Pb(OH)^+$, $Pb(OH)^0_2$, $Pb(OH)^{-1}_3$ tergantung pada pH larutannya (Weng, 2004).

Berdasarkan diagram timbal Pourbaix, ion Pb(II) akan mengendap menjadi $Pb(OH)_2$ pada pH lebih dari 6,7 dan 6 (Heidari *et al.*, 2009). Pada pH rendah, H^+ yang merupakan *counter ion* akan berkompetisi dengan Pb^{2+} untuk mendapatkan situs negatif adsorpsi dari permukaan adsorben. Menaikkan pH akan menurunkan muatan positif dari permukaan adsorben sehingga proses adsorpsi ion logam Pb(II) lebih maksimal (Momčilović *et al.*, 2011).

3.4. Pengaruh Variasi Waktu Kontak

Adsorpsi dari larutan Pb(II) 200 ppm mencapai kesetimbangan pada waktu 15 menit yaitu



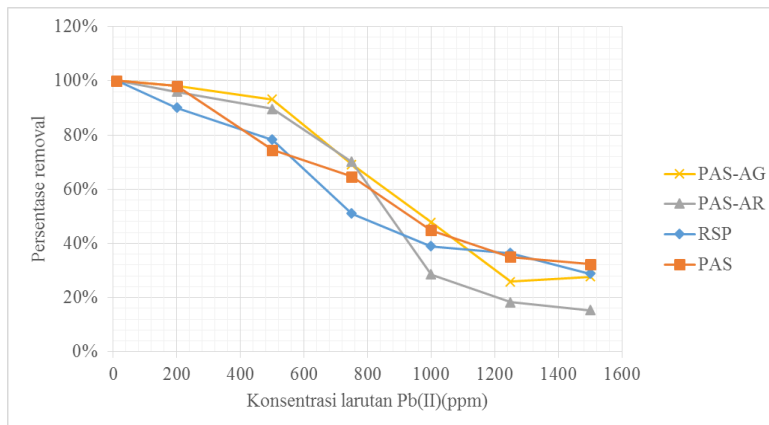
Gambar 3.5. Pengaruh Variasi Waktu Adsorben RSP, PAS, PAS-AR, PAS-AG Terhadap Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Pb(II)

dengan kapasitas adsorpsi 99% untuk RSP dan 100% untuk PAS. Secara teoritis, jumlah ion logam Pb(II) akan mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya waktu pengadukan.

Proses agitasi adsorpsi merupakan hal yang penting pada saat aplikasi di lapangan. Semakin cepat waktu yang diperlukan untuk

proses adsorpsi, maka semakin kecil biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan reaktor dalam pengelolaan air limbah

Berdasarkan hasil pengujian ini, kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II) oleh PAS-AG dan PAS-AR meningkat seiring dengan peningkatan waktu kontak. Dengan waktu kontak 4 jam, efisiensi penyisihan logam Pb(II) oleh PAS-AR dan PAS-AG masing-masing adalah 96% dan 98%. Kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II) oleh PAS-AR dan PAS-AG meningkat secara signifikan pada waktu kontak



Gambar 3.6. Pengaruh Variasi Konsentrasi Ion Logam Pb(II) Terhadap Kapasitas Adsorpsi RSP, PAS, PAS-AR, dan PAS-AG

dikarenakan situs adsorpsi dari adsorben yang terenkapsulasi tertutupi oleh agar dan alginat (Messaouda *et al.*, 2012). Waktu kontak 4 jam dengan kapasitas adsorpsi 98% untuk PAS-AG dan 96% untuk PAS-AR digunakan untuk pengujian selanjutnya.

3.5. Pengaruh Konsentrasi Adsorbat

Pengujian variasi konsentrasi adsorbat dilakukan dengan kondisi larutan Pb(II) sebanyak 50 mL pada pH 6 menggunakan adsorben RSP sebanyak 100 mg dan PAS sebanyak 200 mg dan kecepatan pengadukan 150 rpm selama 120 menit pada suhu ruangan. Pada PAS-AR dan PAS-AG, massa yang digunakan adalah sebesar 100 mg dan waktu pengadukan selama 4 jam. Pada pengujian ini, digunakan larutan Pb(II) dengan konsentrasi 10-1500 ppm. Larutan teradsorpsi kemudian disaring dan diuji dengan AAS. Seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion logam Pb(II), kapasitas

1 jam hingga 4 jam. Dengan waktu kontak yang lebih lama, kapasitas adsorpsi cenderung sama. Jika dibandingkan dengan PAS, lumpur yang terenkapsulasi dengan gel alginat dan agar membutuhkan waktu kontak yang lebih lama untuk mencapai kesetimbangan. Hal ini

adsorpsi menurun. Meningkatnya konsentrasi larutan Pb(II) akan meningkatkan jumlah molekul per situs adsorpsi.

3.6. Isoterm Adsorpsi

Kesetimbangan isoterm adsorpsi merupakan data yang dapat menunjukkan mekanisme dari proses adsorpsi tersebut. Kesetimbangan adsorpsi menggambarkan afinitas atau kapasitas dari suatu adsorben. Jenis model isoterm adsorpsi yang paling sering digunakan adalah model isoterm Langmuir dan Freundlich. Adapun persamaan isoterm Langmuir yaitu

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{K_L q_m} \quad (1)$$

$$q_e = K_f C_e^{1/n} \quad (2)$$

Dimana C_e adalah konsentrasi pada keadaan setimbang (mg/L), q_e adalah jumlah ion Pb(II) yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg/g), q_m dan K_L adalah konstanta langmuir yang menunjukkan kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi. Q_e adalah jumlah material teradsorpsi (mg/g), C_e adalah konsentrasi pada saat mencapai kesetimbangan (mg/L), dan K_f dan n adalah konstanta. Nilai konstanta Langmuir dan konstanta Freundlich merupakan indikator dari kapasitas sorpsi.

Dari hasil perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa model adsorpsi RSP, PAS, PAS-AR, dan PAS-AG mengikuti model isoterm Langmuir yang berarti bahwa adsorpsi yang terjadi didominasi oleh proses kemisorpsi. Isoterm Langmuir menunjukkan bahwa situs aktif adsorben hanya dapat menjerap satu molekul dan tidak ada interaksi antar molekul adsorbat sehingga proses adsorpsi hanya terjadi pada 1 lapisan. Adapun kapasitas adsorpsi maksimum RSP adalah sebesar 84,75mg/g dan setelah diaktivasi kapasitas adsorpsinya meningkat menjadi 181,8 mg/g. Kapasitas adsorpsi terbesar adalah kapasitas adsorpsi dari PAS-AG yaitu 192,3 mg/g dan kapasitas adsorpsi terkecil adalah kapasitas adsorpsi PAS menurun setelah dienkapsulasi dengan agar menjadi 147,06 mg/g. Pada PAS-AR, kehadiran agar justru menghambat proses adsorpsi karena matriks dari agar cenderung padat sehingga menghambat masuknya ion logam Pb(II) ke dalam lumpur.

Tabel 3.3. Konstanta dari model Isoterm Langmuir dan Freundlich dari 4 Adsorben

Adsorben	Langmuir Model			Freundlich Model		
	qm(mg/g)	K _L (L/mg)	R ²	K _f	n	R ²
RSP	84,75	590	0,9969	0,57256	5,12033	0,9831
PAS	181,82	275	0,9974	0,5995	5,01253	0,9814
PAS-AR	147,06	340	0,9993	0,51342	4,69263	0,8326
PAS-AG	192,31	260	0,9995	0,50922	3,65097	0,8927

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kapasitas adsorpsi ion logam Pb(II) dengan bahan dasar lumpur PDAM Tirta Binangun Kulon Progo cukup tinggi bila dibandingkan dengan material lainnya, yaitu untuk RSP sebesar 169,5 mg/g, PAS sebesar 181,81 mg/g, PAS-AG sebesar 192,3 mg/g, dan PAS-AR sebesar 147,05 mg/g.
2. Proses adsorpsi terhadap ion logam Pb(II) sangat tergantung pada nilai pH. pH optimum yang didapatkan dari proses adsorpsi ini adalah 6.
3. Aktivasi yang dilakukan terhadap lumpur PDAM tidak merubah gugus fungsi yang ada pada lumpur secara signifikan, tetapi mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap logam Pb(II).
4. Pada penelitian ini, adsorpsi mengikuti model isoterm Langmuir dengan $R^2 = 0,9994$ dan nilai R_L diantara 0 dan 1 yang berarti bahwa adsorpsi ion logam Pb(II) terhadap lumpur PDAM berlangsung dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akar T, Kaynak Z, Ulusoy S, Yuvaci D, Ozsari G, Akar ST. 2009. **Enhanced Biosorption Of Nickel(II) Ions By Silica-Gel-Immobilized Waste Biomass: Biosorption Characteristics in Batch And Dynamic Flow Mode.** *Journal of Hazardous Material*;163: 1134–41.
- Chen H., Lia T., Zhang L., Wang R., Jiang F., Chen J. 2015. **Pb(II) Adsorption On Magnetic G-Fe₂O₃/Titanate Nanotubes Composite.** *Journal of Environmental Chemical Engineering* 3. 2022–2030
- Chiang, Y.W., R.M. Santos, K. Ghyselbrecht, V. Cappuyns, J.A. Martens, R. Swennen, B. Meesschaert. 2012. **Adsorption of Multi-Heavy Metals Onto Water Treatment Residuals: Sorption Capacities And Applications.** *Journal of Chemical Engineering.* 200-202 page 405-415
- Dabrowski, A. D., Hubicki, Z., Podkosćielny, P. & Robens, E. 2004. **Selective Removal of The Heavy Metal Ions From Waters and Industrial Wastewaters by Ion-Exchange Method.** *Chemosphere* 56, 91–106.
- Erdem, E., Karapinar, N. & Donat, R. 2004. **The Removal of Heavy Metal Cations by Natural Zeolites.** *Journal of Colloid Interference. Sci.* No.280. 309–314.
- Escudero C., N. Fiol, I. Villaescusa, J.-C. Bollinger. 2013. **Effect of Chromiumspeciation on Its Sorption Mechanism Onto Grape Stalks Entrapped Intoalginate Beads.** *Journal of Arab Chemical.*(in press).
- Fan L, Luo C, Sun M, Li X, Qiu H. 2013. **Highly Selective Adsorption of Lead Ions by Water-Dispersible Magnetic Chitosan/Graphene Oxide Composites.** *Journal of Colloids Surface B* 103:523–9
- Fiol, N., C. Escudero, J. Poch, I. Villaescusa. 2006. **Preliminary Studies on Cr (VI) Removal From Aqueous Solution Using Grape Stalks Wastes Encapsulated in Calcium Alginate Beads in A Packed Up-Flow Column.** *React. Funct. Polym.* No.66. 795–807.
- Gupta VK, Rastogi A. 2008. **Biosorption of Lead from Aqueous Solutions by Green Algae Spirogyra Species: Kinetics And Equilibrium Studies.** *Journal of Hazardous Material*;152:407–14
- Heidari A, Younesi H, Mehraban Z. 2009. **Removal of Ni(II), Cd(II), And Pb(II) From A Ternary Aqueous Solution By Amino Functionalized Mesoporous and Nano Mesoporous Silica.** *Journal of Chemical Engineering*; 153:709.

- Hetherington, Dassanayake KB, Jayasinghe GY, Surapaneni A. 2015. **A Review on Alum Sludge Reuse With Special Reference to Agricultural Applications and Future Challenges.** *Journal of Waste Management.* Volume 38. Pages 321-335.
- Khorramabadi GS, Soltani, Rezaee A, Khataee AR, Jonidi Jafari A. 2012. **Utilisation of Immobilised Activated Sludge For The Biosorption Of Chromium (VI).** *Journal of Chemical Engineering*;90:1539–46.
- Li X., Wang Z., Li Q., Ma J., Zhu M. 2015. **Preparation, Characterization, And Application of Mesoporous Silica-Grafted Graphene Oxide For Highly Selective Lead Adsorption.** *Chemical Engineering Journal.* Vol 273. 630–637
- Mata YN, Blázquez M.L, Ballester A, González F, Muñoz JA. 2009. **Biosorption of Cadmium, Lead and Copper With Calcium Alginate Xerogels And Immobilized Fucus Vesiculosus.** *Journal of Hazardous Material*;163:555–62.
- Messaouda, S., Larouci, M., Meddah, B. & Velemens, P. 2012. **The Sorption of Lead, Cadmium, Copper And Zinc Ions From Aqueous Solutions On A Raw Diatomite From Algeria.** *Water Science and Technology* 65 (10), 1729–1737.
- Momčilović, M., Milovan P., Aleksandar B., Aleksandra Z., Marjan R.. 2011. **Removal of Lead(II) Ions From Aqueous Solutions By Adsorption Onto Pine Cone Activated Carbon.** Department of Chemistry, Faculty of Sciences and Mathematics, University of Nis, Visegradska, Serbia. *Journal of Desalination* 276. 53–59
- Nair, V., Panigrahy, A., Vinu, R., 2014. **Development of Novel Chitosan-Lignin Composites for Adsorption of Dyes And Metal Ions From Wastewater.** *Journal of Chemical Engineering* 254. 491–502.
- Pandey A., Shukla A., and Ray L. 2009. **Uptake and Recovery of Lead by Agarose Gel Polymers** *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 5 (1): 14-20, ISSN 1553-3468
- Rosyidi, C.N., Retno W. D., dan Winarno. 2012. **Pemanfaatan Limbah PDAM untuk Lapisan Atas Paving Block Menggunakan Metode Taguchi dan RSM Berbasis SNI No. 03-0691-1996.** *Jurnal Standardisasi.* Vol. 14. No. 2. ISSN 1441-0822.
- Siswoyo, E., Yoshihiro M., & Shunitz, T. 2014. **Determination of Key Components and Adsorption Capacity of A Low Cost Adsorbent Based on Sludge of Drinking Water Treatment Plant To Adsorb Cadmium Ion in Water.** *Applied Clay Science.* Vol 97–98. Page 146-152.

- Soltani, A., Darvishi R., Khorramabadi, Khataee C. 2014. **Silica Nanopowders/Alginate Composite For Adsorption of Lead (II) Ions in Aqueous Solutions.** *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* Vol 45. 973–980
- Wang Y, Wang X, Wang X, Liu M, Wu Z, Yang L. 2013. **Adsorption of Pb(II) From Aqueous Solution to Ni-Doped Bamboo Charcoal.** *Journal of Chemical Engineering*;19: 353–9.
- Yuwono, S. 2009. **Penelitian Pemanfaatan Lumpur Sedimen Limbah (PDAM) Untuk Bahan Semen Pozolan Kapur.***Jurnal Permukiman*.vol 12. No 7.
- Zeng G., Xu P., Huang D., Hu S., Feng C., Lai C.2013. **Synthesis of Iron Oxide Nanoparticles and Their Application in Phanerochaete Chrysosporium Immobilization For Pb(II) Removal.** *Journal of Colloids Surface*. 419:147–55.