

Kemampuan Adsorpsi Kitosan Dari Cangkang Udang Terhadap Logam Timbal

Deska Dwi Iriana*, Sri Sedjati, Bambang Yulianto

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl.Prof.H.Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
*Corresponding author, e-mail: deska.iriانا@gmail.com

ABSTRAK : Logam berat yang terkandung didalam limbah industri akan menjadi bahan pencemar berbahaya apabila melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Salah satu pencegahan yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan pengolahan terhadap limbah industri menggunakan kitosan untuk menurunkan kadar logam berat timbal (Pb) melalui proses adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kitosan dalam menurunkan kadar logam berat timbal (Pb) dan mengetahui kapasitas adsorpsinya. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dan rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan tiga kali pengulangan. Perbedaan perlakuan kitosan yang digunakan yaitu K (Kontrol), A (0,5%), B (1%), C (1,5%), D (2%) dengan logam berat timbal (pb) awal sebesar 2,85 ppm. Kitosan masing-masing dilarutkan dalam asam asetat 1% sebanyak 10 ml. Larutan kitosan dengan perbedaan konsentrasi direaksikan dengan larutan logam timbal (Pb) 90 ml menggunakan magnetik stirrer. Reaksi dilakukan selama 30 menit dalam 100 rpm. Pengukuran kadar logam berat timbal (Pb) menggunakan *Atomic Adsorption Spectrofotometri* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan kadar logam berat timbal (Pb). Daya serap kitosan pada konsentrasi A (0,5%) adalah 94,07%; B (1%) adalah 94,39%; C (1,5%) adalah 94,39% dan D (2%) adalah 94,97%. Kapasitas adsorpsi yang dihasilkan pada konsentrasi A (0,5%) adalah 5,36 mg/g; B (1%) adalah 2,69 mg/g; C (1,5%) adalah 1,79; dan D (2%) adalah 1,35mg/g. Daya serap tertinggi pada konsentrasi 2% yaitu 94,97% dan kapasitas adsorpsi tertinggi sebesar 5,36 mg/g pada konsentrasi 0,5%.

Kata kunci : Logam Berat, Timbal (Pb), Kitosan, Adsorpsi

Chitosan Adsorption Capability From Shrimp Shells To Lead Metal

ABSTRACT : Heavy metal which is contained in industrial waste will be dangerous if contaminants exceed the threshold. One of the precautions that can be done is processing the industrial waste use chitosan to reduce levels of heavy metals lead (Pb) through adsorption process. This study aims to determine the ability of chitosan to reduce level of heavy metals lead (Pb) and determine the capacity of its adsorption. The study was conducted in laboratory scale and the design that used in this experiment is complete randomized design with three replications. Different chitosan treatments that used are K (control), A (0.5%), B (1%), C (1.5%), D (2%) with 2,85 ppm heavy metal lead (pb) as early concentration. Each chitosan treatments dissolved in 1% acetic acid 10 ml. Chitosan solution with different concentrations of the metal reacted with lead (Pb) solution of 90 ml using a magnetic stirrer. The reaction was performed for 30 minutes in 100 rpm. Measurement of levels of heavy metals leads (Pb) using *Atomic Adsorption Spectrofotometri* (AAS). The results showed a decrease in levels of heavy metals lead (Pb). Absorptive capacity of chitosan at a concentration of A (0.5%) is 94.07%; B (1%) is 94.39%; C (1.5%) is 94.39% and D (2%) is 94.97%. Adsorption capacity resulting in the concentration of A (0.5%) is 5.36 mg/g; B (1%) is 2.69 mg/g; C (1.5%) is 1.79 mg/g; and D (2%) is 1,35 mg/g. The highest absorption capacity is in concentration of 2% is 94.97% and the highest adsorption capacity is 5.36 mg/g at a concentration of 0.5%

Keywords: Heavy Metal, Lead (Pb), Chitosan, Adsorption

PENDAHULUAN

Kitosan merupakan biopolimer alam yang penting dan bersifat polikationik sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti adsorben logam, penyerap zat warna tekstil, bahan pembuat kosmetik serta antibakteri (Bhuvana et al., 2006). Sebagai bahan pemroses limbah cair, kitosan mampu mengikat logam berat Pb (Firdaus, 2008).

Kitosan berasal dari proses isolasi kitin yang terkandung dalam eksoskeleton hewan air golongan *crustacea* seperti udang dan kepiting. Cangkang udang mengandung protein (25-40%), kalsium karbonat (45%-50%), dan kitin (15%-20%), tetapi kandungan tersebut tergantung pada jenis udangnya (Kim, 2011).

Kandungan logam timbal (Pb) telah meningkat dalam 300 tahun terakhir akibat meningkatnya aktivitas manusia seperti pertambangan dan peleburan, penggunaan dalam bahan bakar dan digunakan dalam pembuatan produk (NHMRC, 2009). Menurut Herman (2006), keracunan timbal (Pb) dapat menyebabkan hipertensi dan salah satu faktor penyebab penyakit hati, mengganggu saluran metabolik dalam tubuh, sintesis darah, hipertensi, hiperaktivitas, kerusakan otak, dan beberapa kasus dapat menyebabkan kematian. Menurut Hartati *et al.* (2011), *US Agency for Toxic Substances and Disease Registry* mengelompokkan senyawa-senyawa yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kesehatan manusia berdasarkan toksisitasnya. Dalam daftar tersebut, timbal (Pb) menempati urutan pertama.

Mengingat adanya peningkatan logam timbal (Pb) di perairan dan dampak yang ditimbulkan sangat berbahaya, maka perlu adanya pencegahan yang dilakukan untuk mengurangi kandungan logam timbal (Pb) dalam perairan. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam mengurangi kadar logam berat timbal (Pb) adalah dengan metode adsorpsi menggunakan kitosan. Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan unsur atau senyawa di permukaan oleh suatu adsorben (Haryani *et al.*, 2007). Jumlah logam yang teradsorpsi dapat diketahui dengan menggunakan alat *Atomic Adsorption Spectrofotometri* (AAS).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan kitosan dalam menurunkan kadar logam berat timbal (Pb) dan mengetahui kapasitas adsorpsi kitosan pada logam berat timbal (Pb).

MATERI DAN METODE

Penelitian ini menggunakan kitosan dari cangkang udang sebagai perlakuan uji. Logam berat yang digunakan adalah logam berat timbal (Pb). Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium. Perbandingan volume yang digunakan antara larutan kitosan dan sampel limbah adalah 1:9. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap dengan 1 kontrol dan 4 taraf perlakuan konsentrasi kitosan serta tiga kali pengulangan yaitu K 0,0%; A 0,5%; B 1%; C 1,5%; D 2%.

Pebuatan kitosan menurut Wiyarsi dan Priyambodo (2009), dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, sebagai berikut. Limbah cangkang udang yang digunakan adalah cangkang udang putih dan udang windu. Persiapan dimulai dengan mencuci limbah cangkang kitosan dengan air berulang kali, kemudian dijemur dibawah sinar matahari hingga kering. Cangkang kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender dan diayak dengan menggunakan *sieve shaker*. Ukuran cangkang udang yang diambil adalah 35 *mesh*. Penghilangan protein yang dilakukan dengan mereaksikan cangkang udang dengan NaOH 4% dengan perbandingan 1:10. Serbuk cangkang udang 31,2 gr dilarutkan dalam 312 ml NaOH 4%. Larutan tersebut direaksikan pada suhu 80°C selama satu jam. Kemudian cangkang udang dibersihkan dengan menggunakan akuades hingga netral, disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C. Penghilangan mineral dilakukan dengan melarutkan hasil deproteinasi dengan HCL 1 M (1:15). Pengadukan dilakukan selama satu jam dengan suhu kamar. Kemudian disaring dan dinetralkan dengan akuades. Selanjutnya dikeringkan dengan oven dalam suhu 60°C sampai kering. Penghilangan pigmen dilakukan dengan mereaksikan serbuk cangkang udang dengan NaOCl 4% (1:10), pengadukan dilakukan selama satu jam dengan suhu kamar. Kemudian disaring dan dinetralkan dengan akuades serta dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C sampai kering. Hasil dari proses ini berupa kitin. Deasetilasi bertujuan menghilangkan gugus asetil yang terdapat pada kitin. Kitin

dilarutkan dalam NaOH 40% (1:15). Direaksikan pada suhu 80°C selama satu jam. Hasilnya kemudian dicuci dengan akuades hingga netral kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C sampai kering. Hasil dari proses deasetilasi berupa kitosan yang akan digunakan dalam proses penyerapan logam timbal (Pb). Kitosan yang dihasilkan kemudian dilakukan uji *Fourier Transform Infra Red*

(FTIR) untuk mengetahui derajat deasetilasi (DD) dari kitosan tersebut. Perhitungan derajat deasetilasi (DD) menggunakan metode baseline menurut Robert (1992). Pembuatan larutan Asam asetat 99% diencerkan menjadi 1% dengan rumus pengenceran (Asminar, 2009): $V_1 M_1 = V_2 M_2$. Pembuatan larutan kitosan dengan melarutkan masing masing kitosan 0,05; 0,1; 0,15; 0,2 gram kitosan didalam 10 ml asam asetat 1%. Pembuatan larutan logam Pb 10 mg/L dengan menggunakan $Pb(CH_3OO)_2$ pekat yang diencerkan dengan menggunakan perhitungan menurut Yulianto (2012). Pemberian larutan Kitosan 0,5%,1%, 1,5%, 2% kedalam masing masing larutan logam timbal (Pb) 90 ml untuk menurunkan kadar logam timbal (Pb), yang direaksikan selama 30 menit. Daya Serap Kitosan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Daya Serap} = \frac{(Pb \text{ Awal} - Pb \text{ Akhir})}{Pb \text{ Awal}} \times 100\%$$

Kapasitas adsorpsi Kitosan menurut Zhao *et al.* (2013) dapat dihitung dengan persamaan :

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)}{M} \times 100\%$$

Keterangan :

- q_e = Kapasitas adsorpsi (mg/g)
- C_o = Konsentrasi awal logam berat timbal (Pb) (mg/L)
- C_e = Konsentrasi akhir (mg/L)
- V = Volume (mL)
- m = Massa adsorben yang digunakan (mg)

Analisi Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian berupa persentase penurunan kadar logam timbal (Pb). Pengolahan data menggunakan software SPSS. Data yang diperoleh, selanjutnya dianalisis normalitas dan homogenitasnya sebagai prasyarat keabsahan diterapkannya uji Anova. Apabila terdapat perbedaan antar taraf perlakuan, maka selanjutnya dilakukan uji lanjut untuk melihat letak perbedaan taraf perlakuan yang terjadi. Selanjutnya untuk mengetahui letak perbedaan respon yang diakibatkan oleh perbedaan antar taraf perlakuan yang diterapkan, dilakukan dengan menggunakan uji regresi (Sudjana, 1982).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kitosan hasil penelitian berupa serbuk berwarna putih, dengan berat akhir sebanyak 8,3 gram. Derajat deasetilasi kitosan yang diperoleh sebesar 57,3%. Rochima (2007), berpendapat bahwa untuk menghasilkan kitosan dengan derajat deasetilasi yang tinggi sangat sulit, hal tersebut diduga karena secara alami kitin berbentuk kristalin yang mengandung rantai-rantai polimer kitin berkerapatan sangat tinggi, yang satu sama lain terikat dengan ikatan hidrogen yang sangat kuat, sehingga menghalangi enzim berpenetrasi mencapai substrat spesifikasinya. Menurut Pillai *et al.* (2009), apabila derajat N-asetilasi (didefinisikan sebagai rata-rata jumlah unit N-asetil-D-glukosamin per 100 monomer yang dituliskan sebagai persentase) kurang dari 50%, maka kitin dapat larut dalam larutan asam dan kemudian disebut kitosan. Berdasarkan besar derajat deasetilasinya, kitosan hasil isolasi pada penelitian ini telah memenuhi standar kitosan yang siap digunakan untuk mengadsorpsi logam berat timbal (Pb).

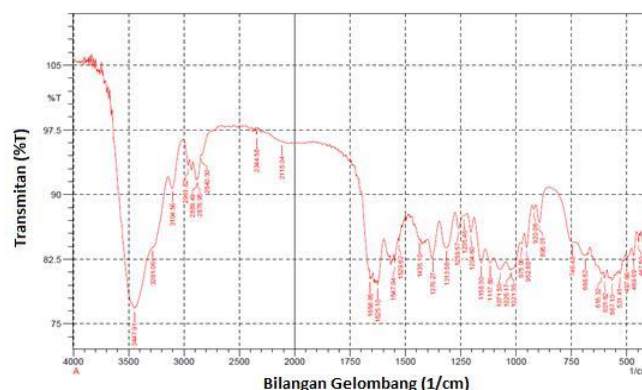
Spektra IR dari kitosan penelitian memperlihatkan adanya perbedaan pita serapan dengan kitosan standar baku mutu menurut Creswell *et al.* (2010), pita serapan vibrasi ulur N-H menurut literatur berada pada bilangan gelombang 3450– 3300 cm^{-1} dan kitosan penelitian berada pada bilangan gelombang 3447,91 cm^{-1} . Pita serapan bilangan gelombang 2961,82 cm^{-1} - 2840,30 cm^{-1} menunjukkan gugus C-H sesuai dengan literatur yaitu di daerah bilangan gelombang 3000-2700 cm^{-1} . Pita serapan C=O pada kitosan literatur berada antara bilangan gelombang 1900 cm^{-1} - 1650 cm^{-1} dan pita serapan kitosan penelitian berada pada daerah bilangan gelombang 1658,58 cm^{-1} dan 1625,10 cm^{-1} . Pita serapan gugus C-H pada kitosan penelitian juga terjadi pada daerah bilangan gelombang 1435,1 cm^{-1} , 1376,20 cm^{-1} , dan 1313,58 cm^{-1} sesuai dengan kitosan literatur bahwa pita serapan gugus C-H berada pada bilangan gelombang 1475-1300 cm^{-1} .

Rendemen yang dihasilkan setelah proses deproteinase sebesar 80,41%, besarnya rendemen tersebut diduga diakibatkan karena masih terdapatnya kotoran atau daging udang yang menempel pada cangkang udang sehingga rendemen yang dihasilkan tinggi. Menurut Kim (2011) kulit udang mengandung protein sebesar 25-40%. Rendemen setelah proses demineralisasi sebesar 36,21%, rendemen lebih kecil dari kandungan mineral pada kulit udang.

Menurut Marganov (2003) dalam Puspawati (2010), kandungan mineral pada kulit udang sebesar 45-50%. Isolasi kitin dari kulit udang menghasilkan rendemen di atas 20%, rendemen kitin hasil penelitian sebesar 32,33%, hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Puspawati (2010), yaitu rendemen kitin dari kulit udang sebesar 35,17%. Rendemen yang berbeda-beda dikarenakan bahan dasar kitosan yang digunakan memiliki kandungan mineral yang berbeda dan urutan proses pembuatan kitosan juga berbeda, selain itu juga dapat disebabkan karena konsentrasi larutan pada setiap tahapannya berbeda satu sama lain. Rendemen kitosan yang dihasilkan dari kitosan penelitian adalah sebesar 26,60%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kontrol yang diperoleh dari analisa menggunakan AAS hanya 2,85 mg/L. Penggunaan kitosan dengan derajat deasetilasi 57,3% dan konsentrasi kitosan 0,5% menunjukkan adanya perubahan kadar logam berat timbal (Pb) sangat besar yaitu hingga mencapai 0,17 mg/L. Perubahan kadar logam berat timbal (Pb) terbesar pada pemberian larutan kitosan pada konsentrasi 2%. Hal ini disebabkan semakin banyaknya jumlah kitosan maka semakin besar pula kemampuan mengikat ion logam yang ada dalam larutan.

Namun demikian, hasil penelitian menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan dengan penambahan perbedaan konsentrasi yang digunakan. Hal ini disebabkan karena konsentrasi faktor kekentalan, konsentrasi 2% lebih kental dibandingkan dengan 0,5% sehingga pengadukan pada saat dilakukan kontak antara larutan kitosan dengan larutan logam berat tidak sempurna, seperti halnya menurut Hargono, *et al.* (2008), menyebutkan bahwa penurunan kemampuan penyerapan oleh kitosan disebabkan karena larutan menjadi kental sehingga pengadukan tidak sempurna, akibatnya penyerapannya tidak jauh berbeda. selain itu juga dapat disebabkan karena ketersediaan gugus aktif kitosan dalam mengadsorpsi logam berat timbal (Pb) telah maksimal. Berdasarkan Lestari (2011), kemampuan kitosan untuk me-nyerap akan menurun atau pada suatu saat dapat konstan. Jadi walaupun massa adsorben bertambah banyak tidak mem-pengaruhi terhadap penyerapannya.



Gambar 1. Spektra FTIR Hasil Penelitian

Penyerapan logam berat timbal (Pb) oleh kitosan dikarenakan adanya gugus amina yang terdapat dalam kitosan. Menurut pendapat Meriatna (2008), kemampuan kitosan sebagai adsorben logam berat karena adanya sifat-sifat kitosan yang dihubungkan dengan gugus amina dan hidroksil yang terikat, sehingga menyebabkan kitosan mempunyai reaktivitas kimia yang tinggi dan me-nyebabkan sifat polielektrolit kation. Akibatnya kitosan dapat berperan sebagai penukar ion (*ion exchanger*) dan dapat berperan sebagai adsorben terhadap logam berat timbal (Pb).

Gugus amina berperan sebagai kation yang mampu berikatan dengan logam berat timbal (Pb). Gugus amina sebagai pengkelat akan mengikat logam berat timbal (Pb). Logam berat timbal (Pb) yang terikat dengan gugus amina (NH₂) akan membentuk [NHPb]⁺ yang mana pada kondisi tersebut logam berat Pb bersifat stabil.

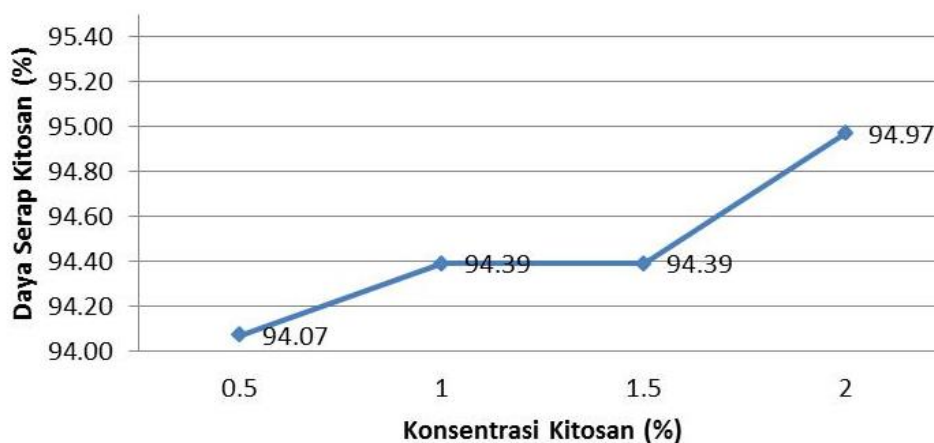
Hasil kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa kapasitas adsorpsi terbesar adalah 5,36 mg/g. Kapasitas adsorpsi dapat dipengaruhi oleh jenis adsorben yang digunakan, luas permukaan adsorben, dan konsentrasi zat yang diadsorpsi (Utami *et al.*, 2014).

Nilai kapasitas adsorpsi mengalami penurunan pada konsentrasi kitosan 0,5% sampai 2%, hal ini menunjukkan bahwa pada saat adanya peningkatan bobot adsorben maka terjadi peningkatan persentasi penjerapan dan penurunan kapasitas adsorpsi. Hal ini diperkuat oleh penelitian Wulandari (2014), bahwa semakin besar konsentrasi kitosan pada pH dan waktu yang tetap maka kadar logam timbal yang diadsorpsi akan semakin kecil. Penyebaran adsorbat menjadi meningkat dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbang-an menjadi lebih lama. Oleh karena itu kapasitas adsorpsinya akan semakin kecil.

Tabel 1. Hasil Kemampuan Kitosan dalam Menyerap Logam Berat Pb (mg/L).

Ulangan	Perlakuan	Kadar Logam Berat Pb (mg/L)				
		Kontrol	A	B	C	D
1		2.39	0.129	0.116	0.138	0.176
2		2.80	0.185	0.169	0.178	0.119
3		3.36	0.193	0.186	0.169	0.128
Jumlah		8.55	0.507	0.471	0.485	0.423
Rata Rata		2.85	0.17	0.16	0.16	0.14
Std. Deviasi		0.49	0.03	0.04	0.02	0.03
% Daya Serap		0	94,07%	94,39%	94,39%	94,97%

Keterangan: K (Kontrol); A 0,5%; B 1%; C 1,5%; D 2%

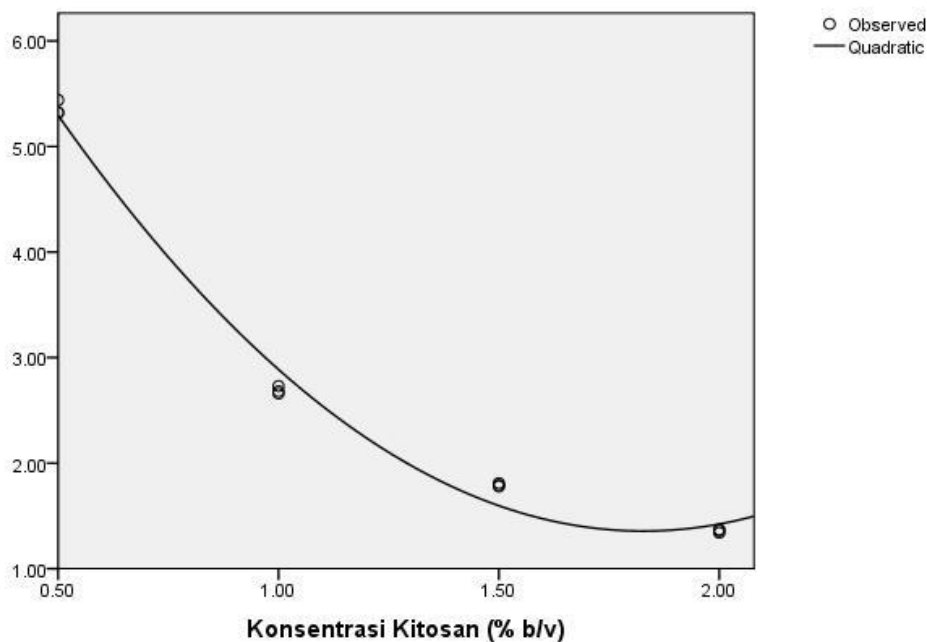


Gambar 2. Daya Serap Kitosan terhadap Logam Berat Pb

Tabel 2. Hasil Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Larutan Kitosan terhadap Kapasitas Adsorpsi Kadar Logam Berat Pb (mg/g)

Ulangan	Perlakuan	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)				
		Kontrol	A	B	C	D
1		0	5.44	2.73	1.81	1.34
2		0	5.32	2.68	1.78	1.37
3		0	5.32	2.66	1.79	1.36
Jumlah		0	16.08	8.07	5.37	4.06
Rata-Rata		0	5.36	2.69	1.79	1.35
St. deviasi		0.00	0.07	0.04	0.01	0.02

Keterangan: K (Kontrol); A 0,5%; B 1%; C 1,5%; D 2%

**Gambar 3.** Grafik Bentuk Pola Hubungan Konsentrasi Larutan Kitosan dengan Kapasitas Adsorpsi Kitosan terhadap Larutan Logam Berat Pb (mg/g).

KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari konsentrasi larutan kitosan 0,5%-2% diperoleh daya serap tertinggi untuk menurunkan kadar logam berat timbal (Pb) adalah konsentrasi larutan kitosan 2% dengan presentase penyerapan logam berat timbal (Pb) mencapai 94,97% dan kapasitas adsorpsi tertinggi adalah konsentrasi larutan kitosan 0,5% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 5,36 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Asminar. 2009. Analisis Kandungan Pengotor Dalam Pelet UO₂ Sinter. *Dalam: Hasil-Hasil Penelitian EBN Tahun 2009.* 13-18 hlm.
- Bhuvana, G. D., Raghunathan, Subramaniam. 2006, Studies on Frictional Behavior of chitosan-Coated Fabries. *Jurnal Autex Research*, 6(4):123-130.

- Creswell, C. J., O. A. Runquist, M. M. Campbell. 2005. Analisis Spektrum Senyawa Organik. Penerbit ITB, Bandung. 357 hlm.
- dari Sisa Pengolahan Bijih Logam. Jurnal Geologi Indonesia, 1(1): 31-36.
- Firdaus, D. 2008. Proses Pemurnian Air dengan Modifikasi Filtrasi Kitosan. [Skripsi]. IPB, Bandung. 93 hlm.
- Hargono, A. dan I. Sumantri. 2008. Pembuatan Kitosan dari Limbah Cangkang Udang serta Aplikasinya dalam Mereduksi Kolesterol Lemak Kambing. Jurnal Reaktor, 12(1): 53-57.
- Hartati, I., I. Riwayati, dan L. Kurniasari. 2011. Potensi Xanthate Pulpa Kopi sebagai Adsorben pada Pemisahan Ion Timbal dari Limbah Industri Batik. Jurnal Momentum, 7(2):25-30.
- Haryani, K., Hargono dan C.S. Budiayati. 2007. Pembuatan Kitosan dari Kulit Udang untuk Mengadsorbsi Logam Krom (Cr6+) dan Tembaga (Cu). Jurnal Reaktor, 11(2):86-90.
- Herman, D. Z. 2006. Tinjauan Terhadap Tailing Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd)
- Kim, S. W. 2011. Chitin, Chitosan,
Lestari, I. dan A. Sanova. 2011. Penyerap-an Logam Berat Kadmium (Cd) Menggunakan Khitosan Hasil Transformasi Khitin dari Kulit Udang (*Penaeus* sp.). Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains, 13(1):9-14.
- Meriatna, 2008. Penggunaan Membran Kitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr) dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. [Tesis]. Medan. 85 hlm.
- NHMRC. 2009. Blood Lead Levels: Lead Exposure and Health Effects in Australia. National Health & Medical Research Council, Australia. 5 hlm.
- a novel EGTA-modified chitosan material: Kinetics and isotherms, Jurnal Colloid and Interface Science, 409:174-182.
- Oligosaccharides and Their Derivatives. CRC Press, USA. 666 hlm.
- Pillai, Willi Paul, Chandra P. S. 2009. Chitin and Chitosan Polymers: Chemistry, Solubility and Fiber Formation. Progress in Polymer Science 3(4);, 641-678.
- Puspawati, N.M dan I N. Simpen. 2010. Optimasi Deasetilasi Khitin dari Kulit Udang dan Cangkang Kepiting Limbah Restoran Seafood Menjadi Khitosan Melalui Variasi Konsentrasi NaOH. Jurnal Kimia, 4(1): 79-90.
- Roberts, G. A. F. 1992. Chitin Chemistry. The Macmilan Press Ltd, London. 368 hlm.
- Rochima, E. 2007. Karakterisasi Kitin dan Kitosan Asal Limbah Rajungan Cirebon Jawa Barat. Jurnal Buletin Teknologi Hasil Perikanan, 10(1): 9-22.
- Sudjana. 1982. Analisis Eksperimen bagi Para Peneliti dalam Bidang Biologi, Farmasi, Fisika, dan, Industri. Tarsito, Bandung. 286 hlm.
- Utami, R. T., Sunaryo, S. Sedjati. 2014. Studi Penggunaan Kitosan terhadap Penurunan Kadar Amoniak pada Limbah Cair Kilang Minyak Outlet Impounding Basin (OIB) Pertamina RU VI Balongan, Indramayu. Jurnal of Marine Research, 3(1):20-26.
- Wiyarsi, A. dan E. Priyambodo. 2009. Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang terhadap Efisiensi Penjerapan Logam Berat. [skripsi]. UNY Yogyakarta. 72 hlm.
- Wulandari, Y., L. Kurniasari, I. Riwayati. 2014. Adsorpsi Logam Timbal dalam Larutan Menggunakan Kulit Ketela Rambat (*Ipomoea batatas* L). Prosiding SNST, 13(5):5-80.
- Yulianto, B., R. Ario dan A. Triono. 2006. Daya Serap Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) Sebagai Biofilter. Jurnal Ilmu Kelautan, 11(2):72-78.
- Zhao, F, Repo, E, Yin, D, Silapaa, M. 2013. Adsorption of Cd (II) and Pb (II) by