

Pemanfaatan Kitosan Dari Cangkang Udang sebagai Adsorben Logam Berat Pb pada Limbah Praktikum Kimia Farmasi

Ani Riani Kusmiati¹, Nurhayati²

¹Sekolah Farmasi, Institut Teknologi Bandung. e-mail : ani@fa.itb.ac.id

²Sekolah Farmasi, Institut Teknologi Bandung. nur@fa.itb.ac.id

Submisi : 23 Oktober 2020, Penerimaan : 20 Desember 2020

ABSTRAK

Limah logam berat yang dihasilkan dari kegiatan praktikum atau penelitian di laboratorium kimia, baik di Perguruan Tinggi maupun di Sekolah Kejuruan, memberikan kontribusi pencemaran logam berat terhadap lingkungan. Pencemaran dapat dicegah dengan melakukan pengolahan terhadap limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang digunakan dalam pengolahan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan kitosan dari cangkang udang sebagai adsorben limbah logam berat timbal (Pb) yang dihasilkan dari kegiatan praktikum Kimia Farmasi di laboratorium Sekolah Farmasi-Institut Teknologi Bandung. Penelitian diawali dengan pembuatan kitosan dari cangkang udang melalui tahapan : demineralisasi, deproteinasi, depigmentasi dan deasetilasi. Kitosan yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan Spektroskopi Fourier Transform Infra Red (FTIR) dan didapat derajat deasetilasi sebesar 80,30%. Selanjutnya kitosan dengan variasi konsentrasi : A (0,10%), B (0,25%) dan C (0,5%) direaksikan dengan limbah praktikum Kimia Farmasi yang mengandung logam berat timbal (Pb) dengan waktu interaksi : 15, 30, 60 dan 120 menit. Hasil analisis menggunakan Atomic Adsorption Spectrofotometri (AAS) menunjukkan adanya penurunan kadar logam berat timbal (Pb) pada limbah. Daya Serap tertinggi sebesar 95,69% dan kapasitas adsorpsi tertinggi sebesar 10,3678 mg/L terdapat pada konsentrasi kitosan 0.50 % dengan waktu interaksi 30 menit.

Kata kunci: Adsorpsi; Atomic Adsorption Spectrofotometri; Kitosan; Logam berat Pb.

PENDAHULUAN

Pencemaran yang disebabkan oleh logam berat terutama bersumber dari suatu kegiatan yang menggunakan logam berat dalam prosesnya, baik kegiatan industri, kegiatan rumah tangga maupun kegiatan penelitian/praktikum di laboratorium - laboratorium kimia. Keberadaan logam berat yang tinggi di suatu perairan merupakan penyebab utama pencemaran yang dapat menurunkan mutu air dan membahayakan lingkungan. Pencemaran terjadi karena pembuangan limbah yang tidak terkontrol. Timbal atau Pb merupakan salah satu limbah logam berat yang bersifat karsinogenik dan

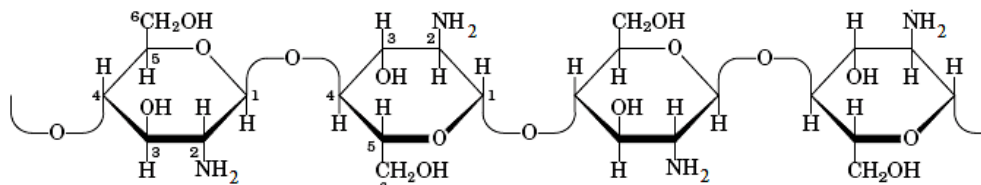
beracun serta akan menyebabkan penyakit serius bagi manusia apabila terakumulasi di dalam tubuh.

Beberapa metode telah dikembangkan untuk menurunkan konsentrasi ion logam dalam limbah cair diantaranya adalah pengendapan, penukar ion dengan menggunakan resin, filtrasi dan adsorpsi. Adsorpsi merupakan metode yang paling umum dipakai karena memiliki konsep yang lebih sederhana dan juga ekonomis. Metode adsorpsi umumnya berdasarkan atas interaksi logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan adsorben melalui pembentukan

kompleks, dan biasanya terjadi pada permukaan padatan yang kaya akan gugus fungsional, seperti : - OH, -NH, -SH dan COOH (Stum dan Morgan, 1996).

Kitosan merupakan senyawa kitin yang dihilangkan gugus asetilnya sehingga menyisakan gugus amina bebas yang menyebabkannya bersifat polikationik (Murray *et al*, 2003). Senyawa kitin sendiri dapat diisolasi dari cangkang hewan *crustaceae*, terutama udang (Taufan dan Zulfahmi, 2010). Menurut Kim (2011),

cangkang udang mengandung protein (25-40%), kalsium karbonat (45%-50%), dan kitin (15%-20%). Keberadaan gugus hidroksil dan amin sepanjang rantai polimer. Menurut Kim (2011), cangkang udang mengandung protein (25-40%), kalsium karbonat (45%-50%), dan kitin (15%-20%). Keberadaan gugus hidroksil dan amin sepanjang rantai polimer mengakibatkan kitosan sangat efektif mengikat kation ion logam berat maupun kation dari zat-zat organik (Sry Agustina dkk., 2015).



Gambar 1. Struktur Kitosan (Murray *et al.*, 2003)

Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan pengaruh waktu interaksi antara limbah buangan praktikum yang mengandung Pb (II) oleh kitosan dari cangkang udang dengan berbagai konsentrasi, sehingga dapat diketahui kemampuan kitosan dalam menurunkan kadar logam berat timbal (Pb) serta kapasitas adsorpsinya.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : *Atomic Adsorption Spectrofotometri* (AAS), Ayakan 50 mesh, Batang pengaduk, Corong, Desikator, Erlenmeyer 100 mL, Gelas kimia 1000 mL, Gelas ukur 100 mL dan 500 mL, Magnetic stirrer with heater, Oven, pH universal, *Spektroskopi Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan Timbangan analitik. Sedangkan bahanyang digunakan dalam penelitian

ini adalah: Cangkang udang yang dikumpulkan dari penjual udang di pasar tradisional Simpang Dago, Bandung, HCl p.a, NaOH p.a, CH₃COOH pa, NaOCl, dan Akuades.

Persiapan Bahan

Limbah cangkang udang yang didapat dari penjual udang di pasar tradisional Simpang Dago-Bandung, direbus selama 15 menit, kemudian dicuci dengan air mengalir agar kotoran yang melekat hilang dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110-120°C selama kurang lebih dua jam. Setelah kering kemudian dihaluskan dan diayak dengan ayakan 50 mesh.

Isolasi Kitin dari Cangkang Udang

Terdiri dari tiga tahap, yaitu :

1. Demineralisasi

50 gram serbuk cangkang udang yang berukuran 50 mesh ditambahkan larutan HCl 5% dengan perbandingan 1:10 (b/v). Campuran dipanaskan pada

suhu 90°C selama 2 jam dengan menggunakan *magnetik stirrer* dan kecepatan pengadukan 200 rpm. Setelah itu didinginkan dan dilakukan penyaringan. Residu dicuci dengan akuades sampai pH netral dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 6 jam

2. Deproteinasi

Hasil demineralisasi ditambahkan larutan NaOH 3,5% dengan perbandingan 1:10 (b/v). Campuran tersebut dipanaskan pada suhu 90°C selama 1,5 jam dengan menggunakan magnetik stirrer dan kecepatan pengadukan 200 rpm. Setelah itu didinginkan dan dilakukan penyaringan. Residu dicuci dengan akuades sampai pH netral dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 6 jam.

3. Depigmentasi

Hasil deproteinasi ditambahkan NaOCl 0,315% dengan perbandingan 1:10 (b/v) selama 1 jam pada suhu kamar. Selanjutnya dilakukan pencucian dengan akuades sampai pH netral. Residu dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 6 jam. Serbuk ini disebut kitin.

Deasetilasi Kitin menjadi Kitosan

Kitin yang diperoleh ditambahkan NaOH 50% dengan perbandingan 1:10 (b/v). Campuran diaduk dan dipanaskan pada suhu 100°C selama 2 jam dengan menggunakan magnetik stirrer dan kecepatan pengadukan 200 rpm. Setelah itu didinginkan dan dilakukan penyaringan. Residu dinetralkan dengan akuades sampai pH netral. Padatan yang merupakan kitosan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 6 jam. Kitosan yang diperoleh kemudian dikarakterisasi.

Adsorpsi Kitosan Terhadap Logam Pb(II) pada Limbah Praktikum

Kitosan dengan variasi konsentrasi 0,10%, 0,25% dan 0,50% direaksikan dengan 25 ml limbah praktikum Kimia Farmasi yang mengandung logam berat Pb(II) yang telah diukur terlebih dahulu kadarnya. Dibiarkan kontak dengan 4 variasi waktu interaksi, yaitu 15 menit, 30 menit, 60 menit dan 120 menit. Ion logam Pb(II) yang tersisa diukur dengan menggunakan alat Atomic Adsorption Spectrofotometri (AAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Serbuk Cangkang Udang

Proses pembuatan serbuk cangkang udang diawali dengan perebusan cangkang udang dan pembersihan sisa daging udang yang melekat pada cangkang udang. Perebusan dimaksudkan untuk menghilangkan bau amis dari udang. Sedangkan pembersihan daging udang dimaksudkan agar serbuk yang dihasilkan lebih rendah kadar air, protein dan lemaknya. Berat limbah udang basah yang dapat dikumpulkan dari penjual ikan adalah 8 kg. Setelah mengalami pembersihan didapat 4,35 kg cangkang udang basah. Selanjutnya proses pengeringan dan penggilingan yang menghasilkan serbuk cangkang udang seberat 1,75 kg dengan ukuran 50 mesh.

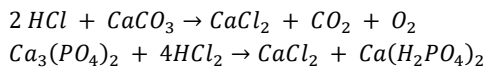


Gambar 3. Cangkang udang (a) dan Serbuk cangkang udang (b)

Isolasi Kitin

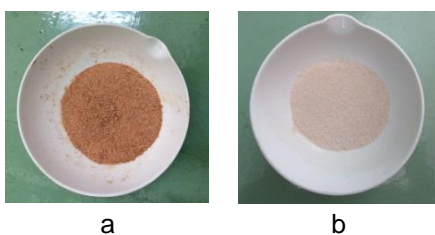
1. Demineralisasi

Proses demineralisasi merupakan tahap awal isolasi kitin. Demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral dalam serbuk kulit limbah udang yang sebagian besar merupakan garam-garam kalsium (Ca) seperti kalsium karbonat dan kalsium fosfat. Agustina, (2013), menyatakan bahwa mineral yang terkandung pada cangkang kulit udang dapat dihilangkan melalui perlakuan asam (HCl 5%). Reaksi demineralisasi ditunjukkan oleh persamaan sebagai berikut :



2. Deproteinasi

Proses deproteinasi bertujuan memutuskan ikatan antara protein dan kitin. Tahap deproteinasi dilakukan dengan mereaksikan kitin hasil demineralisasi dengan basa kuat NaOH, protein akan larut dalam larutan NaOH.. Sukardjo dan Mawarni (2011), menyatakan semakin tinggi konsentrasi NaOH dan suhu deproteinasi maka proses pemisahan protein semakin efektif.



Gambar 4. Kitin sebelum proses depigmentasi (a) dan Kitin setelah proses depigmentasi (b)

3. Depigmentasi

Kitin setelah melewati proses deproteinasi kemudian memasuki tahap depigmentasi yang bertujuan penghilangan warna (pigmen) *red-orange astaxanthin* yang terkandung dalam kitin. Proses ini dilakukan dengan

merendam kitin dalam larutan NaOCl 0,315% selama 1 jam pada suhu ruang. Rendemen kitin yang dihasilkan adalah sebesar 30,29%

Isolasi Kitosan

Kitosan diperoleh dengan melakukan proses deasetilasi pada kitin. Deasetilasi merupakan proses pengubahan gugus asetil (-NHCOCH₃) pada kitin menjadi gugus amina (-NH₂) dengan penambahan basa kuat (NaOH). Azhar dkk., (2010), menyatakan bahwa semakin kuat suatu basa semakin besar konsentrasi OH⁻ dalam larutan yang dapat mempengaruhi proses pelepasan gugus asetil dari gugus asetamida kitin. Rendemen kitosan yang diperoleh sebesar 25,26% dari berat serbuk cangkang udang atau 83,38% dari berat kitin.



Gambar 5. Kitosan

Karakterisasi Kitosan

Kitosan yang dihasilkan dikarakterisasikan mengikuti standar mutu SNI No. 7949 (2013), yang meliputi warna kitosan, kadar air, kadar abu, kadar nitrogen dan derajat deasetilasi.

Tabel 1. Karakteristik Kitosan

| Parameter | SNI (No. 7949, Tahun 2013) | Hasil |
|----------------------|----------------------------|-------------|
| Warna | Coklat muda sampai putih | Coklat muda |
| Kadar Air | ≤12 % | 10% |
| Kadar Abu | ≤ 5 % | 0,645% |
| Kadar Nitrogen Total | ≤ 5 % | 0,3870% |
| Derajat Deasetilasi | ≥75 % | 80,30 % |

1. Warna

Warna kitosan yang dihasilkan memenuhi persyaratan karakterisasi kitosan menurut SNI No. 7949 (2013), yaitu berwarna coklat muda. Hal ini karena pada proses pembuatan kitosan dilakukan proses depigmentasi untuk menghilangkan warna (pigmen) astaxanthin yang berwarna *red-orange*.

2. Kadar Air

Kadar air kitosan dipengaruhi oleh proses pengeringan, lama pengeringan, jumlah kitosan yang dikeringkan, dan luas permukaan tempat kitosan dikeringkan (Rochmina, 2007). Panas yang stabil akan menyebabkan proses pengeringan berlangsung sempurna sehingga kadar air yang terkandung dalam kitosan menjadi rendah. Kandungan kadar Air kitosan yang dihasilkan pada penelitian ini cukup rendah yaitu 10%. Hal ini disebabkan karena pengeringan pada penelitian ini menggunakan oven yang suhu pemanasannya stabil.

3. Kadar Abu

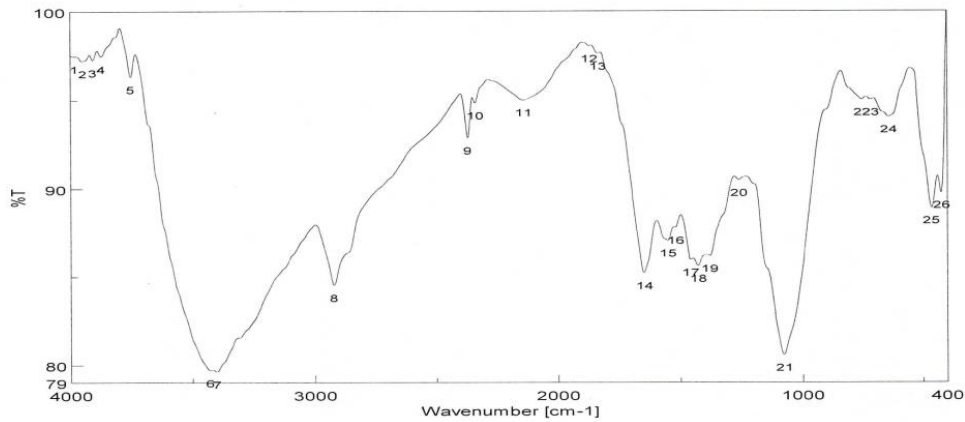
Kadar abu yang tinggi menunjukkan kandungan mineral yang tinggi. Semakin tinggi kadar abu kitosan yang dihasilkan maka mutu dan tingkat kemurnian kitosan tersebut semakin rendah. Kadar abu kitosan dipengaruhi oleh proses demineralisasi dan pencucian. Proses pencucian yang baik sampai tercapai pH netral berpengaruh terhadap kadar abu. Pencucian yang kurang sempurna akan mengakibatkan mineral yang telah terlepas, dapat melekat kembali pada molekul kitosan, sehingga kitosan masih mengandung kadar abu yang tinggi. Nilai kadar abu kitosan udang yang dihasilkan adalah sebesar 0,645%. Hal ini menunjukkan kesempurnaan proses pencucian dan proses demineralisasi.

4. Kadar Nitrogen Total

Hong et al. (1989) dalam Abun (2006) menyatakan kadar total nitrogen yang tersisa dalam proses deproteinisasi dapat dijadikan sebagai indikator kesempurnaan proses deproteinasi. Efektivitas deproteinisasi dapat dilihat dari penurunan kadar nitrogen pada kitosan yang dihasilkan. Menurut Abun (2006), semakin tinggi konsentrasi NaOH dan semakin tinggi suhu deasetilasi maka kadar nitrogen cenderung semakin kecil. Kitosan cangkang udang yang dihasilkan mempunyai kadar nitrogen total yang cukup rendah yaitu 0,3870%. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH dan suhu deasetilasi yang digunakan pada proses deasetilasi cukup baik.

5. Derajat Deasetilasi

Knorr, (2004) menyatakan, derajat deasetilasi adalah parameter yang sangat menentukan mutu kitosan, dimana nilai ini menunjukkan persentase gugus asetil yang dapat dihilangkan dari kitin. Semakin tinggi derajat deasetilasi kitosan, maka gugus asetil kitosan semakin rendah sehingga interaksi antar ion dan ikatan hidrogennya semakin kuat. Dengan menggunakan metode base line, derajat deasetilasi dapat dihitung. Hasil perhitungan derajat deasetilasi dapat digunakan untuk melihat seberapa besar perubahan kitin menjadi kitosan dan dari perhitungan metode base line yang dikemukakan Domszy dan Roberts, diperoleh Derajat Deasetilasi (DD) sebesar 80,30%. Menurut Suhardi, (1993), kitosan sudah memenuhi standar sebagai adsorben apabila derajat deasetilasinya lebih besar dari 60%. Dengan demikian dapat dikatakan kitosan yang dihasilkan pada penelitian ini memenuhi syarat sebagai adsorben.



Gambar 6. Spektra FTIR Kitosan Hasil Penelitian

Adsorpsi Kitosan Terhadap Limbah Logam Pb

Data absorbansi larutan limbah Pb (sebagai standar) dengan menggunakan AAS adalah seperti pada Tabel 2. Dari Tabel 2. Dibuat kurva absorbansi vs konsentrasi yang ditunjukkan pada gambar 7. Hasil penjerapan logam berat Pb (limbah) oleh kitosan dengan variasi konsentrasi 0,10 %, 0,25% dan 0,50% dengan waktu interaksi 15, 30, 60 dan 120 menit dapat dilihat pada Tabel 3, 4, 5 dan 6

Tabel 2. Data Absorbansi Standar Pb (Limbah)

| Konsentrasi | Absorbansi |
|-------------|------------|
| 0 | 0,0000 |
| 2 | 0,0346 |
| 4 | 0,0864 |
| 6 | 0,1342 |
| 8 | 0,1666 |
| 10 | 0,2042 |
| 15 | 0,2858 |

Tabel 3. Data Penjerapan Logam Pb (Limbah) oleh Kitosan Waktu Interaksi 15 menit

| C ₀ [Pb] ₀ (mg/L) | Kons Kitosan (%) | C _e [Pb] ₁ (mg/L) | C ₀ – C _e [Pb] teradsorpsi | Q (%) |
|---|------------------------|--|--|----------|
| 108,350 | 0,10 | 39,324 | 69,026 | 63,71 |
| 108,350 | 0,25 | 22,117 | 86,233 | 79,59 |
| 108,350 | 0,50 | 10,954 | 97,396 | 89,89 |

Keterangan : C₀ = Konsentrasi Logam Pb sebelum penjerapan, C_e = Konsentrasi Logam Pb yang bebas dalam larutan, C₀ – C_e = Konsentrasi Logam Pb terjerap oleh kitosan, Q = Persentase penjerapan = C₀ – C_e / C₀ x 100%

Gambar 8. menunjukkan presentase penjerapan kitosan dengan konsentrasi berbeda dalam 4 waktu interaksi. Terlihat ada pengaruh waktu

interaksi terhadap proses adsorpsi logam berat Pb. Semakin lama waktu interaksi, maka semakin banyak Pb yang teradsorpsi. Adsorpsi penyerapan logam

berat Pb tertinggi terjadi pada menit ke 30. Kemudian pada menit ke 60 laju adsorpsi menurun dan mencapai kesetimbangan. Hal ini karena kitosan mengalami kejenuhan sehingga waktu interaksi tidak lagi berpengaruh. Menurut Sahnaz Behnam (2015), pada awal

adsorpsi, gugus amino kitosan di permukaan memainkan peran penting dalam penyerapan logam berat Pb. Daya serap kitosan terhadap logam berat berkurang ketika gugus amino kitosan di permukaan sudah ditempati oleh logam Pb.

Tabel 4. Data Penjerapan Logam Pb (Limbah) oleh Kitosan Waktu Interaksi 30 menit

| C_0 [Pb] ₀ (mg/L) | Kons Kitosan (%) | C_e [Pb] ₁ (mg/L) | $C_0 - C_e$ [Pb] teradsorpsi | Q (%) |
|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------|
| 108,350 | 0,10 | 27,477 | 80,873 | 74,64 |
| 108,350 | 0,25 | 10,816 | 97,534 | 90,02 |
| 108,350 | 0,50 | 0,4672 | 103,678 | 95,69 |

Keterangan : C_0 = Konsentrasi Logam Pb sebelum penjerapan, C_e = Konsentrasi Logam Pb yang bebas dalam larutan, $C_0 - C_e$ = Konsentrasi Logam Pb terjerap oleh kitosan, Q = Persentase penjerapan = $C_0 - C_e / C_0 \times 100\%$

Tabel 5. Data Penjerapan Logam Pb (Limbah) oleh Kitosan Waktu Interaksi 60 menit

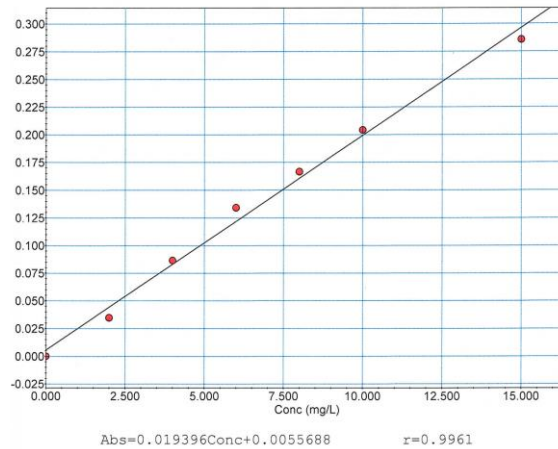
| C_0 [Pb] ₀ (mg/L) | Kons Kitosan (%) | C_e [Pb] ₁ (mg/L) | $C_0 - C_e$ [Pb] teradsorpsi | Q (%) |
|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------|
| 108,350 | 0,10 | 13,323 | 95,027 | 87,70 |
| 108,350 | 0,25 | 10,911 | 97,439 | 89,93 |
| 108,350 | 0,50 | 0,4767 | 103,583 | 95,60 |

Keterangan : C_0 = Konsentrasi Logam Pb sebelum penjerapan, C_e = Konsentrasi Logam Pb yang bebas dalam larutan, $C_0 - C_e$ = Konsentrasi Logam Pb terjerap oleh kitosan, Q = Persentase penjerapan = $C_0 - C_e / C_0 \times 100\%$

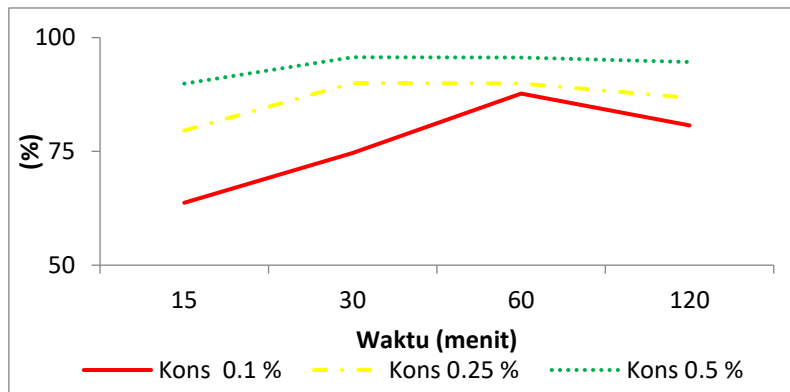
Tabel 6. Data Penjerapan Logam Pb (Limbah) oleh Kitosan Waktu Interaksi 120 menit

| C_0 [Pb] ₀ (mg/L) | Kons Kitosan (%) | C_e [Pb] ₁ (mg/L) | $C_0 - C_e$ [Pb] teradsorpsi | Q (%) |
|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------|
| 108,350 | 0,10 | 2,0881 | 87,469 | 80,73 |
| 108,350 | 0,25 | 14,322 | 94,028 | 86,78 |
| 108,350 | 0,50 | 0,5841 | 102,509 | 94,61 |

Keterangan : C_0 = Konsentrasi Logam Pb sebelum penjerapan, C_e = Konsentrasi Logam Pb yang bebas dalam larutan, $C_0 - C_e$ = Konsentrasi Logam Pb terjerap oleh kitosan, Q = Persentase penjerapan = $C_0 - C_e / C_0 \times 100\%$



Gambar 7. Kurva Standar Logam Pb (limbah)



Gambar 8. Presentase Penjerapan Kitosan dalam 4 waktu Interaksi

Hasil penelitian menunjukkan nilai standar Pb (limbah) yang diperoleh dari analisa menggunakan AAS adalah 10,8350 mg/L, serta terdapat penurunan kadar Pb dalam limbah hingga mencapai 0,4672 mg/L pada kitosan konsentrasi 0,50% dengan waktu interaksi 30 menit.

Hasil uji Anova diperoleh F hitung (3861,275) > F Tabel (3,63). Dengan perolehan F hitung yang lebih besar dari F Tabel menguatkan bahwa ada pengaruh konsentrasi kitosan dan waktu interaksi pada penurunan kadar Pb dalam limbah.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa adsorben kitosan dari cangkang udang mampu

mengadsorpsi logam berat Pb pada limbah praktikum Kimia Farmasi dengan daya serap tertinggi 95,69 % dan kapasitas adsorpsi 10,3678 mg/L dalam waktu interaksi 30 menit dengan menggunakan adsorben kitosan 0.5%.

Waktu interaksi berpengaruh terhadap adsorpsi logam berat Pb pada limbah. Pada waktu interaksi 60 menit sudah diperoleh titik keseimbangan. Hal ini disebabkan adsorben (kitosan) telah jenuh oleh Pb.

Kitosan yang dihasilkan dalam penelitian ini mempunyai derajat deasetilasi 80,30%. Berdasarkan hasil perhitungan derajat deasetilasi tersebut menunjukkan bahwa kitosan yang dihasilkan telah memenuhi standar sebagai adsorben, karena derajat deasetilasinya lebih besar dari 60%.

Saran

Penelitian ini perlu dikembangkan dalam skala industri sebagai alternatif penanganan limbah industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Kitosan – Syarat Mutu dan Pengolahan*. SNI No. 7949 . 2013. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta. Diakses tanggal 22 Mei 2019.
- Abun. 2006. *Bioproses Limbah Udang Windu melalui Tahapan Deproteinasi dan Demineralisasi terhadap Protein dan Mineral Terlarut*. Jurnal Perikanan 3 : 125.
- Agustina. 2013. *Pembuatan Kitosan dari Cangkang Udang dan Aplikasinya sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar Logam Cu*. Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA. Diakses tanggal 20 Mei 2020
- Azhar, M., Efendi, J., Sofyeni, E., dan Novalina, S. 2010. *Pengaruh Konsentrasi NaOH dan KOH terhadap Derajat Deasetilasi Kitin dari Limbah Kulit Udang*.
- Behnam, S., Karimi, K., Zamani, A., Mehrabani Zeinabad, A., (2015), *A Study on Biosorption of Copper Ions by Fungal Chitosan: An Alternative to Shrimp Chitosan*, Biological Journal of Microorganism, 3rd Year, Vol. 3, No. 12.
- Kim, S. W. 2011. *Chitin, Chitosan*
- Knorr, D. 2004. *Engineered Chitosans for Drug Detoxification Preparation, Characterization and drug uptake studies*. University of Florida .
- Komariah . 2013. *Karakterisasi Kitin dan Kitosan yang Terkandung dalam Eksoskeleton Kutu Beras (Sitophilus Oryzae)*. Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Trisakti. Jakarta. Diakses tanggal 18 Mei 2020.
- Rochmina.2007. *Karakterisasi Kitin dan Kitosan asal Limbah Rajungan Cirebon. Jawa Barat. [makalah ilmiah]. Jatinagor. Unpad*
- Sry Agustina, I Made Dira Swantara, dan Nyoman Suartha. 2015. *Isolasi Kitin, Karakteristik, dan sintesis Kitosan dari Kulit Udang*. Program Magister Kimia Terapan, Universitas Udayana, Bali. Diakses tanggal 22 Mei 2020.
- Suhardi. 1993. *Khitin dan Khitosan*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Yogyakarta: UGM.
- Sukardjo, J.S. dan Mawarni, N.G. 2011. *Sintesis Kitosan dari Cangkang Kepiting dan Kitosan yang dimodifikasi melalui pembentukan Bead Kitosan berikatan Silang dengan Asetaldehid sebagai Agen Pengikat Silang untuk absorbs ion Logam*.
- Taufan.M.R.S. & Zulfahmi.2010 *.Pemanfaatan Limbah Kulit Udang sebagai Bahan Anti Rayap (Biotermitisida) pada Bangunan Berbahan Kayu*.Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang. Diakses tanggal 19 Mei 2020.