



Remediasi Logam Seng (Zn) pada Air Bekas Tambang Timah Menggunakan Nanomagnetik Fe_3O_4 /Kitosan Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*)

Ristika Oktavia Asriza dan Verry Andre Fabiani ✉

Jurusan Kimia Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu UBB Balunijuk, Kepulauan Bangka Belitung, 33172, Indonesia

Info Artikel

Diterima September 2019

Disetujui Oktober 2019

Dipublikasikan November 2019

Keywords:

cangkang rajungan
kitosan
logam seng
nanomagnetic
remediasi

Abstrak

Telah dilakukan remediasi logam seng (Zn) pada air bekas tambang timah menggunakan nanomagnetik Fe_3O_4 /kitosan dari cangkang rajungan. Remediasi logam seng pada air bekas tambang timah dilakukan dengan memvariasikan massa Fe_3O_4 (0, 75, 95, 105, dan 120 mg) dan lama pengadukan (30, 40, dan 50 menit). Nanomagnetik (Fe_3O_4)/kitosan cangkang rajungan berhasil menurunkan konsentrasi logam seng (Zn) pada air bekas tambang timah sebesar 89,17%. Kondisi optimum remediasi terjadi pada penambahan Fe_3O_4 sebesar 95 mg dengan lama pengadukan yaitu 30 menit.

Abstract

Zinc metal (Zn) remediation has been carried out in the post-tin mining water using Fe_3O_4 / chitosan from *Portunus pelagicus* shell. Remediation of zinc metal in the post-tin mining water was done by varying the mass of Fe_3O_4 (0, 75, 95, 105, and 120 mg) and the stirring time (30, 40, and 50 minutes). Nanomagnetic (Fe_3O_4)/chitosan *Portunus pelagicus* shell successfully reduced the concentration of zinc metal (Zn) in post-tin mining water by 89.17%. The optimum remediation condition occurs at the addition of Fe_3O_4 of 95 mg with a stirring time of 30 minutes.

© 2019 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Gedung Dharma Pengabdian Fakultas Teknik UBB
E-mail: verryandre89@gmail.com

p-ISSN 2252-6951

e-ISSN 2502-6844

Pendahuluan

Bangka Belitung merupakan provinsi dengan cadangan timah terbesar di Indonesia, sektor pertambangan timah di Bangka Belitung memegang peranan penting dalam roda pergerakan ekonomi setempat. Sekitar 27,56% daratan pulau Bangka merupakan daerah penambangan timah dibawah perusahaan PT. *Timah Tbk* (Inonu 2008). Seiring berjalannya waktu, penambangan timah menyisakan persoalan yaitu rusaknya ekosistem lingkungan akibat lahan bekas tambang timah. Tingginya kadar logam berat seperti As, Fe, Pb dan Zn menjadi pemicu kerusakan lingkungan dan hal ini tidak layak digunakan karena melebihi baku mutu perairan (Henny dan Susanti, 2009).

Salah satu logam berat yang perlu diminimalisir yaitu logam seng, tingginya konsentrasi logam seng dalam suatu perairan dapat mengganggu kualitas perairan dan ekosistem yang ada didalamnya (Soeprbowati dan Hariyati, 2013). Logam seng pada konsentrasi yang rendah dibutuhkan tanaman untuk pembentukan klorofil karena merupakan nutrisi esensial yang sangat penting (Ningsih *et al.*, 2014), namun disisi lainnya logam seng dengan konsentrasi yang tinggi dapat terakumulatif di lingkungan (Maddusa *et al.* 2017). Tingkat konsentrasi logam seng yang sangat tinggi dapat mempengaruhi klorofil sehingga menghambat fotosintesis (Phukan *et al.*, 2015). Efek negatif akibat tingginya kadar logam seng dalam perairan disebabkan karena adanya sejumlah komponen bagian yang larut dan partikel-partikel logam seng yang sangat kecil yang kemudian terdispersi dalam perairan (Najamuddin *et al.*, 2016).

Salah satu metode pengendalian cemaran logam berat pada air kolong yaitu remediasi. Penelitian mengenai remediasi air tercemar logam berat terus berkembang, salah satunya yaitu menggunakan adsorben berukuran nano (20-50 nm). Nanomagnetik (Fe_3O_4) diketahui memiliki tingkat penyerapan yang tinggi terhadap beberapa logam berat dalam air diantaranya merkuri, timbal, cadmium dan tembaga (Zhou *et al.*, 2009). Dibandingkan dengan sistem remediasi tradisional, seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, koagulasi, elektrolisis dan proses *reverse* osmosis, nanomagnetik memiliki sifat magnet dengan tingkat *removal* tinggi terhadap kontaminan, efisiensi adsorpsi tinggi, cepat, dan mudah memisahkan adsorben dari larutan melalui medan magnet (Igder *et al.*, 2012). Namun, disisi lain nanomagnetik Fe_3O_4 cenderung tidak stabil dan mudah teroksidasi sehingga diperlukan komposit untuk mengatasi hal tersebut. Salah satu komposit yang digunakan yaitu kitosan. Polimer kitosan merupakan polimer alam yang memiliki sifat bermuatan karena adanya gugus elektrolit, muatan-muatan pada gugus kitosan tersebut berpotensi digunakan dalam penyerapan logam dan dapat terdegradasi secara biologis sehingga tidak toksik. Victor *et al* (2016) telah melaporkan bahwa logam Zn dapat terserap dengan baik oleh kitosan.

Pada penelitian ini telah dilakukan remediasi logam seng (Zn) pada air bekas tambang timah asal Pulau Bangka menggunakan nanomagnetik (Fe_3O_4) terkomposit kitosan. Sumber kitosan yang digunakan yaitu limbah cangkang rajungan yang tidak teroptimalkan. Sintesis nanomagnetik-kitosan dilakukan dengan memvariasikan massa Fe_3O_4 dan menghitung efisiensi remediasinya. Karakterisasi adsorben dilakukan dengan XRD dan FTIR serta analisis penyerapan logam seng (Zn) dilakukan dengan AAS.

Metode

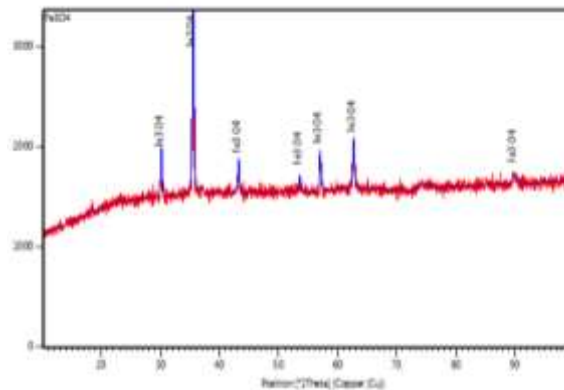
Alat yang digunakan dalam penelitian: beaker glass 250 dan 1000 mL, erlenmeyer, gelas ukur 100 dan 50 mL, labu ukur, timbangan digital, kertas saring, oven dan *magnetic stirrer*, difraksi sinar X (XRD), spektrofotometer serapan atom (SSA), spektrofotometer inframerah, alumunium foil, botol sampel, oven, corong, plastik sampel, wrapping, labu bundar 1000 dan 250 mL. Bahan yang digunakan dalam penelitian: kitosan cangkang rajungan, serbuk Fe_3O_4 , parafin, *carboxy methyl cellulose* (CMC), formaldehid, alkohol 96%, HNO_3 , CH_3COOH , NaOH , HCl dan akuades.

Sintesis nanomagnetik-kitosan mengacu pada penelitian Izak *et al.* (2014). Langkah pertama yang dilakukan yaitu ditimbang nanopartikel Fe_3O_4 sesuai dengan variasi yang ditentukan, kemudian disiapkan larutan kitosan 1% + asam asetat. Nanopartikel Fe_3O_4 dicampur dengan larutan kitosan 1% diaduk sambil ditambahkan setetes demi setetes larutan pengemulsi yang mengandung 15 mL parafin dan 0,25 mL CMC 1%. Diaduk selama 5 jam pada suhu kamar. Selanjutnya ditambahkan secara perlahan 5 mL formaldehid 37% dan diaduk hingga terbentuk endapan. Endapan dikeringkan pada suhu 200°C di dalam oven selama 2 jam dan disimpan di tempat yang kering. Nanomagnetik kemudian dianalisis dengan XRD.

Pada proses remediasi, komposisi bahan nanomagnetik-kitosan yang divariasikan yaitu massa nanomagnetik (Fe_3O_4) yaitu 75, 95, 105, dan 120 mg. Nanomagnetik-kitosan kemudian ditambahkan kedalam larutan sampel air bekas tambang timah dan diaduk dengan variasi lama pengadukan yaitu 30, 40 dan 50 menit. Selanjutnya dianalisis konsentrasi logam berat yang terserap menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA) untuk mengetahui komposisi nanomagnetik dan waktu pengadukan yang optimal dalam proses remediasi.

Hasil dan Pembahasan

Sumber Fe₃O₄ yang digunakan dalam sintesis nanomagnetik-kitosan berasal dari Fe₃O₄ komersil yang telah disintesis. Fasa Fe₃O₄ yang terbentuk kemudian dilakukan analisis XRD.



Gambar 1. Difraktogram Fe₃O₄ (merah), standar (biru)

Struktur dan fase kristal merupakan hal penting yang perlu diketahui dalam karakterisasi material, oleh sebab itu dilakukan analisis XRD untuk mengetahui kedua hal tersebut. Fase kristal ditunjukkan dengan adanya pola-pola difraksi yang bersesuaian dengan standar. Puncak-puncak difraksi yang menunjukkan adanya senyawa Fe₃O₄ terlihat pada Gambar 1 yaitu pada posisi 2θ sama dengan 30,10°, 35,47°, 43,13°, 56,97°, 62,60°. Berdasarkan data kuantitatif hasil XRD, ukuran partikel dapat dianalisis dengan *formula Scherrer* dan diperoleh ukuran rata-rata yaitu 28,29 nm (Tabel 1).

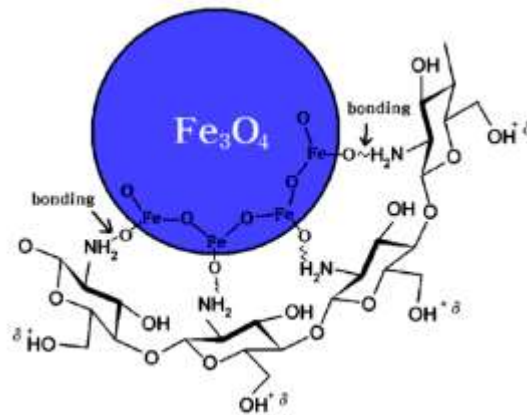
$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

Rumus (1) merupakan *formula Scherrer* dimana D merupakan ukuran partikel, λ yaitu berupa panjang gelombang Cu Kα (1,5406 Å), θ merupakan sudut bragg (rad), K yaitu *shape factor* (0,9) dan β yaitu *full width high maximum* (FWHM) dalam satuan radian.

Tabel 1. Nilai rata-rata ukuran Partikel Fe₃O₄

| 2θ (deg) | θ (rad) | FWHM (rad) | D (nm) |
|-------------------------------|---------|------------|--------|
| 30,10 | 0,2627 | 0,0053 | 26,78 |
| 35,47 | 0,3095 | 0,0053 | 27,15 |
| 43,13 | 0,3764 | 0,0053 | 27,81 |
| 56,97 | 0,4971 | 0,0053 | 29,42 |
| 62,60 | 0,5462 | 0,0053 | 30,27 |
| Ukuran partikel (D) rata-rata | | | 28,29 |

Kitosan pada penelitian ini bersumber dari cangkang rajungan (*Portunus pelagicus*) yang banyak tersebar di pulau Bangka. Cangkang rajungan diketahui memiliki rendemen kitosan sebesar 17,39% (Nadia *et al.*, 2018) dan berpotensi digunakan sebagai komposit dengan nanomagnetik Fe₃O₄ (Sureshkumar *et al.*, 2016). Isolasi kitosan cangkang rajungan dilakukan dalam beberapa tahap perlakuan yaitu yang pertama deproteinasi kemudian demineralisasi dan terakhir deasetilasi. Deproteinasi dilakukan dengan menambahkan NaOH, HCl, dan kemudian dicuci dengan akuades. Deproteinasi akibat penambahan NaOH menyebabkan terputusnya ikatan pada protein dan kitin. Selanjutnya demineralisasi dengan larutan HCl 1 N menyebabkan adanya gelembung udara sekitar 5-10 menit yang merupakan hasil reaksi antara cangkang rajungan dengan HCl. Kitosan yang terbentuk kemudian dilarutkan dengan asam asetat 1% dengan tujuan agar dapat tersuspensi bersama Fe₃O₄, untuk meningkatkan kelarutan campuran reaksi kemudian diemulsikan dengan paraffin dan *cabonmethylcellulose*. Mekanisme reaksi Fe₃O₄ dan kitosan seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi mekanisme reaksi Fe_3O_4 dan kitosan (Hong *et al.*, 2010)

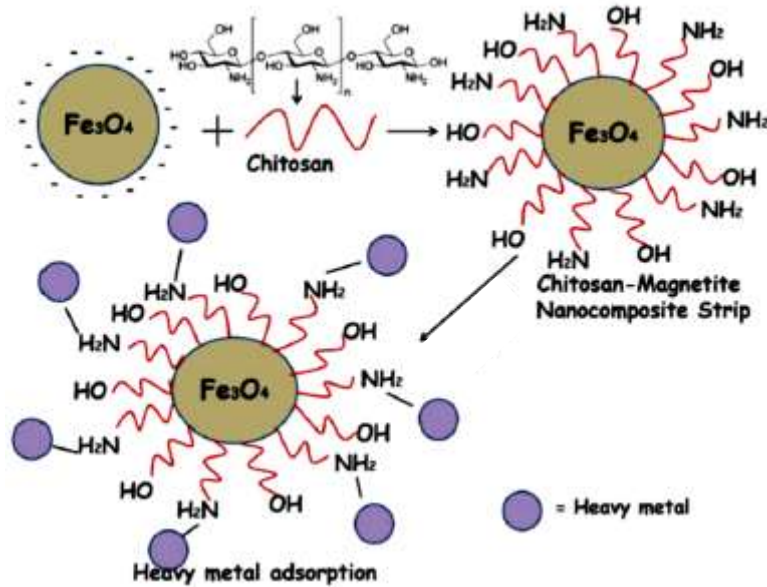
Pada Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa reaksi antara Fe_3O_4 dan kitosan terjadi melalui ikatan hidrogen antara atom oksigen pada Fe_3O_4 dengan gugus amino ($-\text{NH}_2$) pada kitosan, partikel Fe_3O_4 kemudian dikelilingi oleh ikatan pada kitosan sehingga nanomagnetik/kitosan memiliki nilai elektronegatifitas besar yang bersumber dari muatan negatif dari kitosan (Hong *et al.*, 2010).

Remediasi logam seng (Zn) dilakukan pada air bekas tambang timah di desa Rebo kabupaten Bangka. Hasil pengujian karakteristik awal pada air bekas tambang timah menunjukkan bentuk fisik air bekas tambang timah yang cenderung keruh dan memiliki pH 7,27. Meskipun menurut Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, baku mutu pH pada air yaitu 6-9 dan masih tergolong layak digunakan namun hal ini tidak sejalan dengan kadar logam seng (Zn) yang cukup tinggi. Hasil analisis spektrofotometer serapan atom (SSA) menunjukkan kadar logam seng (Zn) pada air bekas tambang timah yaitu 1,2 ppm sedangkan baku mutu logam seng dalam air menurut Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 yaitu sebesar 0,05 ppm sehingga dapat dikategorikan air bekas tambang timah tidak layak digunakan. Remediasi logam seng dilakukan menggunakan material nanomagnetik/kitosan cangkang rajungan, variasi dilakukan terhadap komposisi Fe_3O_4 dan waktu pengadukan. Hasil remediasi dapat diamati pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil remediasi logam seng (Zn) pada air bekas tambang timah

| Konsentrasi Logam Seng (Zn) Awal | Waktu Pengadukan | Massa Fe_3O_4 | | | | |
|----------------------------------|------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | 0 mg | 75 mg | 95 mg | 105 mg | 120 mg |
| 1,2 ppm | 30 menit | 0,54 ppm | 0,51 ppm | 0,13 ppm | 0,17 ppm | 0,47 ppm |
| | 40 menit | 0,53 ppm | 0,76 ppm | 0,82 ppm | 0,80 ppm | 0,74 ppm |
| | 50 menit | 0,38 ppm | 0,61 ppm | 0,54 ppm | 0,84 ppm | 0,72 ppm |

Berdasarkan Tabel 2. dapat diamati bahwa kondisi optimum pada remediasi logam seng terjadi melalui penambahan massa Fe_3O_4 95 mg dengan lama pengadukan yaitu 30 menit. Efisiensi remediasi logam seng pada air bekas tambang timah diperoleh sebesar 89,17%. Hal ini menjelaskan bahwa nanomagnetik/kitosan berhasil menurunkan konsentrasi logam seng pada air bekas tambang timah. Mekanisme remediasi dapat diamati pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema ilustrasi proses remediasi logam berat menggunakan nanomagnetik/kitosan (Sureshkumar *et al.*, 2016)

Simpulan

Nanomagnetik (Fe₃O₄)/kitosan cangkang rajungan berhasil menurunkan konsentrasi logam seng (Zn) pada air bekas tambang timah sebesar 89,17%. Kondisi optimum remediasi terjadi pada penambahan Fe₃O₄ sebesar 95 mg dengan lama pengadukan yaitu 30 menit.

Daftar Pustaka

- Henny, C. and Susanti, E. 2009. Karakteristik Limnologis Kolong Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka. *Limnotek*, 16 (2): 119–131
- Hong, S., Chang, Y., and Rhee, I. 2010. Chitosan-coated Ferrite (Fe₃O₄) Nanoparticles as a T2 Contrast Agent for Magnetic Resonance Imaging. *Journal of the Korean Physical Society*, 56 (3): 868–873
- Igder, A., Rahmani, A.A., Fazlavi, A., Azqhandi, M.H.A., and Omid, M.H. 2012. Box-Behnken Design of Experiments Investigation for Adsorption of Cd²⁺ onto Carboxymethyl Chitosan Magnetic Nanoparticles. *Journal of Mining & Environment*, 3 (1): 51–59
- Inonu, I. 2008. Pengelolaan Lahan Tailing Timah di Pulau Bangka: Penelitian yang Telah Dilakukan dan Prospek ke Depan. *ENVIA GRO*, 2 (2): 1–7
- Izak, D., Astuti, S.D., and Estioningsih, Y. 2014. Remediasi Air Terkontaminasi Logam Berat dengan Nanopartikel Magnetik-Kitosan. *Skripsi*
- Maddusa, S.S., Paputungan, M.G., Syarifuddin, A.R., Maambuat, J., and Alla, G. 2017. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Zink (Zn) dan Arsen (As) pada Ikan dan Air Sungai Tondano Sulawesi Utara. *Al-Sihah: Public Health Science Journal*, 9 (2): 153–159
- Nadia, L.M.H., Huli, L., and Nadia, L.A.R. 2018. Pembuatan dan Karakterisasi Kitosan dari Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) asal Sulawesi Tenggara. *J. Fish Protech*, 1 (2): 77–84
- Najamuddin, Prartono, T., Sanusi, H.S., and Nurjana, I.W. 2016. Distribusi dan Perilaku Pb dan Zn Terlarut dan Partikulat di Perairan Estuaria Jeneberang, Makassar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8 (1): 11–28
- Ningsih, I.S.R., Lestari, W., and Azis, Y. 2014. Fitoremediasi Zn dari Limbah Cair Pabrik Pengolahan Karet dengan Pemanfaatan *Pistia stratiotes* L. *JOM FMIPA*, 1 (2): 1–9
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001: *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. 2001. Indonesia

- Phukan, P., Phukan, R., and Phukan, S.N. 2015. Heavy Metal Uptake Capacity of *Hydrilla verticillata*: A Commonly Available Aquatic Plant. *International Research Journal of Environment Sciences*, 4 (3): 35–40
- Soeprbowati, T.R. and Hariyati, R. 2013. *Potensi Mikroalga sebagai Agen Bioremediasi dan Aplikasinya dalam Penurunan Konsentrasi Logam Berat pada Instalasi Pengolah Air Limbah Industri*
- Sureshkumar, V., Daniel, S.C.G.K., Ruckmani, K., and Sivakumar, M. 2016. Fabrication of Chitosan – Magnetite Nanocomposite Strip for Chromium Removal. *Applied Nanoscience*, 6: 277–285
- Victor, S., Andhika, B., and Syauqiah, I. 2016. Pemanfaatan KITOSAN dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina fulica*) sebagai Adsorben Logam Berat Seng (Zn). *Konversi*, 5(1): 22–26
- Zhou, Y., Nie, H., Branford-white, C., He, Z., and Zhu, L. 2009. Removal of Cu^{2+} from Aqueous Solution by Chitosan-coated Magnetic Nanoparticles Modified with α -Ketoglutaric Acid. *Journal of Colloid and Interface Science*, 330(1): 29–37.