

PEMANFAATAN KITOSAN SEBAGAI ADSORBEN SIANIDA PADA LIMBAH PENGOLAHAN BIJIH EMAS

Dian Harjuna Sukma^{1*}, Etty Riani², Edward Nixon Pakpahan³

¹Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

²Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Jalan lingkar akademik kampus institut pertanian bogor departemen 16680.

Telepon/fax. 0251-8332779

³Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Jalan DI. Panjaitan No.Kav. 24, RT.15/RW.2, Cipinang Besar Selatan, Jatinegara, Jakarta Timur

*Korespondensi: dianharjuna@gmail.com

Diterima: 31 Oktober 2018/Disetujui: 22 Desember 2018

Cara sitasi: Sukma DH, Riani E, Pakpahan EN. 2018. Pemanfaatan kitosan sebagai adsorben sianida limbah pengolahan biji emas. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(3): 460-470.

Abstrak

Pengolahan bijih emas menggunakan sianida diketahui dapat menimbulkan pencemaran air apabila tidak dikelola dan ditangani dengan baik. Kitosan memiliki kemampuan sebagai adsorben, namun efektivitasnya untuk menyerap kandungan sianida pada air limbah pengolahan emas belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan adsorpsi kitosan terhadap sianida pada pengolahan bijih emas. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial *in time* dengan dua kali pengulangan. Analisis yang dilakukan terdiri atas pengaruh konsentrasi kitosan terhadap daya absorbansi, pH, TDS, turbiditas, sianida, serta pengaruh modifikasi pembuatan kitosan terhadap daya absorbansi. Metode yang digunakan adalah metode koagulasi flokulasi dengan cara *jar test*, yaitu proses pengadukan cepat dan lambat dengan alat flokulator. Hasil penelitian menunjukkan kitosan terbaik adalah kitosan dengan modifikasi *swelling crosslink* glutaraldehid (GA) dengan konsentrasi 1.000 ppm dan waktu kontak pengadukan lambat selama 120 menit. Kitosan modifikasi tersebut secara signifikan mampu mengadsorpsi limbah sianida dalam limbah sebesar 90,38%.

Kata kunci: Adsorpsi, *crosslink*, sianidasi, *swelling*

Application of Chitosan as Cyanide Adsorbance on Gold Ore Processing

Abstract

Gold ore processing method have an impact on water pollution if the waste produced is not managed properly. Chitosan have the ability as an adsorbent, but its effectiveness to absorb cyanide content in gold processing wastewater is unknown. This study aimed to examine the ability of chitosan adsorption on cyanide in the processing of gold ore. The statistic design used was a factorial in-time Completely Randomized Design (CRD) with two repetitions. The analysis carried out consisted of the effect of chitosan concentration on absorbance, pH, TDS, turbidity, cyanide, and the modification effect of chitosan production on absorbance power. The method used in this research was flocculation coagulation method by the jar test. The method was carried out by rapid and slow mixing process with a flocculator. The method was used to determine the best of chitosan type and the best contact time to decrease the concentration of cyanide waste from the processing of gold ore. The results showed that the best concentration of chitosan modified was chitosan modification with swelling crosslink glutaraldehid (GA) in 1000 ppm concentration and using slow mixing contact time for 120 minutes. That chitosan modified significantly adsorp cyanide waste in 90.38%.

Keywords: Adsorption, crosslinked, cyanidation, swelling

PENDAHULUAN

Emas termasuk ke dalam golongan logam mulia, disebut logam mulia karena jumlahnya yang langka, keindahannya dengan warna kuning mengkilap dan nilai kegunaannya (Aitio *et al.* 2015). Pengolahan bijih emas hasil penambangan yang dilakukan oleh industri pengolahan bijih emas skala besar pada umumnya menggunakan proses sianidasi, yaitu pengambilan logam emas dengan cara ekstraksi memakai pelarut sianida (Hardiani 2002). Metode sianidasi tersebut dipakai karena prosesnya memberikan nilai *recovery* (perolehan kembali) relatif besar, yaitu 90-97%. Sianida merupakan salah satu senyawa B-3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) (Siregar 1999). Pemakaian sianida sebagai bahan pelarut proses pengambilan logam emas dibatasi konsentrasinya hingga 1.500 ppm (Siregar 1999). Proses pengolahan bijih secara sianidasi akan menghasilkan limbah cair yang dikenal sebagai *tailing effluent* yang mengandung sianida, limbah tersebut perlu dan harus diolah agar tidak membahayakan lingkungan (Sutoto 2007). Sianida dengan konsentrasi tinggi dapat menimbulkan dampak yang berbahaya terhadap lingkungan dan makhluk hidup disekitarnya di antaranya pada ekosistem air, satwa darat dan juga manusia. Kendala tersebut dapat diatasi dengan cara mengurangi semaksimal mungkin kadar sianida dalam limbah. Pengelolaan limbah *tailing* dapat dilakukan, salah satunya dengan menggunakan kitosan.

Kitosan adalah senyawa golongan karbohidrat (polisakarida) yang dihasilkan dari limbah perikanan khususnya golongan *crustacea* yaitu udang, kepiting dan kerang (Sari dan Abdiani 2015), merupakan aminopolysaccharide semi sintesis yang dapat terurai secara biologis dan memiliki berbagai aplikasi dalam industri biomedis dan lainnya (Agarwal *et al.* 2013). Kitosan merupakan senyawa polimer alam dari turunan kitin yang telah mengalami proses isolasi, deproteinasi, dan demineralisasi (Agustina *et al.* 2015). Struktur kitosan berupa polimer rantai tidak linier yang mempunyai rumus umum molekul $(C_2H_{11}NO_4)_n$ atau disebut sebagai poli-(2 amino-2-deoksi- β -(1-4)-D-glukopiranos) (Sugita *et al.* 2009).

Kitosan dikenal memiliki kemampuan sebagai adsorben, sehingga dapat dimanfaatkan untuk menyerap material berbahaya pada beberapa air limbah. Menurut Ahmad *et al.* (2015), kitosan adalah salah satu biopolimer alami yang cukup terkenal dan baik untuk pengolahan air. Penelitian mengenai aplikasi kitosan dalam bidang lingkungan yang pernah dilakukan oleh sejumlah peneliti antara lain Sugita *et al.* (2009) yaitu, sebagai adsorben terhadap beberapa jenis bahan pencemar di antaranya logam berat, zat warna, pestisida dan persenyawaan fenolik. Penggunaan kitosan sebagai adsorben/biosorben pada berbagai macam polutan air cukup baik pada pengelolaan limbah di industri karena kandungan amino dan gugus fungsional hidroksil, yang membuatnya efektif dibandingkan karbon teraktivasi. Kitosan memiliki karakteristik fisika kimia, stabilitas kimia, reaktivitas yang tinggi, sifat chelation yang tinggi, dan selektivitas yang tinggi terhadap polutan (Oktarina *et al.* 2017), oleh karena itu kitosan diperkirakan dapat berperan sebagai adsorben dalam pengelolaan limbah hasil dari pengolahan bijih emas yang mengandung sianida.

Kitosan dipandang mampu mereduksi sianida pada limbah hasil pengolahan bijih emas secara efektif dan efisien. Penggunaan kitosan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi terhadap bahan cemar hasil ekstraksi pengolahan bijih emas perlu dipelajari lebih lanjut agar diketahui sejauh mana kemampuan yang dapat dimaksimalkan. Mengacu pada hal tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah menguji kemampuan adsorpsi kitosan terhadap sianida pada pengolahan bijih emas, agar menjadi salah satu teknologi alternatif yang digunakan dalam unit instalasi pengolahan air limbah hasil pengolahan bijih emas.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Proses pemanfaatan kitosan dalam mengadsorpsi sianida membutuhkan bahan – bahan antara lain limbah *tailing* cair (*tailing effluent*) hasil pengolahan bijih emas, limbah sianida sintetik, kitosan komersial/niaga dengan bahan baku kulit udang jenis *black tiger*

(CV. Bio Chitosan Indonesia), asam asetat 2% (Merck), NaOH 3.50% (Merck), NaOH 50% (Merck), HCl 1 N (Merck), glutaraldehid (Merck), NaHCO₃ (Merck), NH₃ (Merck), H₂SO₄ (Merck), CH₃COOH *glacial* (Merck), dan akuades.

Alat-alat yang digunakan meliputi *portable flocculator* FP 4 (Velp Scientifica Italy), *magnetic stirrer* (IKA C-MAG HS7 Malaysia), *thermometer* dan *water quality meter* (IP67 Combo PH/COND/SALT/DO Taiwan), TDS meter (TDS-3 USA), *turbidity meter* (Lutron TU-2016 Taiwan), *beaker glass* (IWAKI Pyrex Japan), tabung reaksi (IWAKI Pyrex Japan), pipet (IWAKI Pyrex Japan), peralatan titrasi, *platform shaker* (Big Bill Thermolyne Shaker M49125 USA), oven, tanur, *aluminium foil* (Klinpak), kertas label (Tom and Jerry *label in pack* Indonesia), neraca analitik (OHAUS PA214 SKZO Swedish), dan *spectrophotometer* (GENESYS 10S UV-VIS Germany).

Metode Penelitian Persiapan

Penelitian ini diawali dengan melakukan tahap persiapan, yaitu dengan melakukan pemilihan dan analisis proksimat/mutu kitosan. Parameter dalam pengujian mutu/karakteristik kitosan yang layak untuk digunakan dalam penelitian sesuai metode Wahyono (2010). Parameter kitosan biasanya dapat dilihat dari nilai derajat deasetilasi, kadar air, kadar abu bobot molekul dan viskositas. Kitosan komersial/niaga memiliki bobot molekul sekitar 1×10^5 - $1,2 \times 10^6$ gr/mol.

Pembuatan kitosan dengan dan tanpa modifikasi

Pembuatan larutan kitosan tanpa modifikasi mengacu pada Prayudi dan Susanto (2000), yaitu membuat larutan kitosan dengan kadar 1% dalam asetat (CH₃COOH) 2%. Kitosan sebanyak 1 g dilarutkan dalam 20 mL asam asetat 2%, kemudian ditambahkan air suling atau akuades hingga 100 mL selanjutnya diaduk menggunakan *magnetic stirrer* agar kitosan terlarut sempurna.

Modifikasi kitosan dibagi menjadi tiga jenis modifikasi, yaitu melalui penautan silang (*crosslink*) dengan glutaraldehid (GA) berdasarkan metode

Muharam *et al.* (2010) yang dimodifikasi; kitosan aktif *crosslink* GA yaitu modifikasi kitosan dengan cara menambahkan gugus aktif pada permukaan kitosan sebelum menautsilangkan dengan glutaraldehid (GA), yang dibuat berdasarkan metode Harti (2014) yang telah disesuaikan; serta kitosan *swelling crosslink* GA yaitu modifikasi kitosan dengan cara digelembungkan (*swelling*) sebelum menautsilangkan dengan glutaraldehid (GA) untuk meningkatkan keporosan kitosan, yang dibuat menggunakan metode Hastuti (2011). Semua modifikasi kitosan dilakukan agar meningkatkan daya adsorpsi, ketahanan, serta kestabilan adsorben.

Pembuatan kitosan *crosslink* glutaraldehid (*Crosslink* GA), dilakukan dengan merendam 5 g serpihan kitosan dalam 75 mL glutaraldehid 2,5 % dan diagitasi selama 24 jam pada 220 rpm pada suhu kamar. Serpihan kitosan-GA kemudian dicuci dan dikering udarakan.

Pembuatan kitosan aktif *crosslink* glutaraldehid (Aktif *crosslink* GA) dilakukan dengan menimbang kitosan sebanyak 10 g, ditambah HCL 6 N dan direndam selama 12 jam. Kitosan selanjutnya dicuci hingga netral dengan bantuan NaOH kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 2 jam dan di-*furnes* pada suhu 300°C selama 2 jam. Kitosan selanjutnya ditaut-silangkan dengan glutaraldehid.

Pembuatan kitosan *swelling crosslink* glutaraldehid (*Swelling Crosslink* GA) mengacu pada metode Hastuti *et al.* (2011), yaitu kitosan sebanyak 2 g dilarutkan ke dalam 100 mL asam asetat 1% (v/v) dan diaduk secara kontinyu selama 2 jam, selanjutnya NaHCO₃ dimasukkan ke dalam larutan kitosan pada suhu kamar dengan variasi komposisi NaHCO₃:kitosan 0.2:2.0 (b/b) dan diaduk kurang lebih selama 1 jam. Larutan tersebut kemudian disemprotkan pada larutan NaOH 5% sebanyak 300 mL (b/v) menggunakan injeksi gel kitosan yang terbentuk, dicuci dengan akuades hingga netral. *Bead* kitosan yang terbentuk kemudian ditambahkan agen *crosslinker glutaraldehid* sebanyak 2,5% dengan rasio 1:1 (v/v). Larutan kemudian dicampur hingga homogen menggunakan *magnetic stirrer* dan dibiarkan selama 2 jam

pada suhu 80°C. *Bead* kitosan yang sudah melalui proses taut-silang (*crosslink*) dicuci dengan akuades untuk menghilangkan sisa NaOH, lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama ±8 jam.

Penentuan konsentrasi terbaik kitosan

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk mencari dan menetapkan konsentrasi kitosan yang paling optimal atau efektif terhadap penurunan bahan pencemar dari limbah *tailing* pengolahan emas, mengamati pola kecepatan laju reaksi adsorpsi, serta waktu yang diperlukan untuk mencapai titik keseimbangan reaksi adsorpsi. Percobaan pada penelitian pendahuluan dibagi menjadi sebelas perlakuan dengan selang konsentrasi yang berbeda (400 ppm, 500 ppm, 600 ppm, 700 ppm, 800 ppm, 900 ppm, 1.000 ppm, 1.100 ppm, dan 1.200 ppm), dan disertai perlakuan kontrol. Pengujian kemudian dilakukan terhadap beberapa parameter antara lain pH, turbiditas, dan TDS.

Pengukuran daya absorbansi kitosan dengan berbagai modifikasi

Percobaan pada penelitian lanjutan dilakukan dengan melakukan pengukuran daya absorbansi kitosan melalui percobaan yang dibagi dalam lima perlakuan, yaitu kontrol (limbah sianida tanpa penambahan adsorben); limbah sianida dengan penambahan kitosan cair (tanpa modifikasi); limbah sianida dengan penambahan kitosan aktif *crosslink* GA; limbah sianida dengan penambahan adsorben kitosan *swelling* dan *crosslink* GA; limbah sianida dengan penambahan adsorben kitosan *crosslink* GA. Limbah sianida dibuat secara sintetik agar lebih stabil selama penelitian berlangsung. Kadar sianida pada limbah sintetik ini memiliki nilai yang kurang lebih sama dengan kadar sianida yang terdapat pada limbah proses pengolahan bijih emas dengan menggunakan metode sianidasi sebelum dilakukan proses detoksifikasi. Pengukuran daya absorbansi juga dilakukan melalui pengukuran waktu kontak, yaitu waktu yang digunakan pada saat pengadukan lambat (*slow mixing*) pada metode *jar test*. Waktu kontak dibagi menjadi

sembilan waktu, yaitu menit ke-0; 15; 30; 45; 60; 75; 90; 105 dan 120 menit.

Sampel dari masing – masing limbah *tailing* dimasukkan ke dalam *beaker glass* 500 mL. Setiap *beaker glass* kemudian diberikan perlakuan, yaitu sampel tanpa penambahan adsorben (kontrol) serta sampel dengan penambahan adsorben (sesuai jenis adsorben yang akan diujikan), selanjutnya setiap *beaker glass* yang telah berisi perlakuan dilakukan pengadukan dengan metode *jar test* dengan menggunakan alat flokulator. Pengadukan dilakukan secara cepat (*rapid mixing* selama 1 menit), dilanjutkan dengan pengadukan lambat (*slow mixing*). Hasil yang diperoleh dari waktu pengadukan lambat selanjutnya dianalisis dengan cara membandingkan penurunan kadar sianida dibandingkan dengan kontrol.

Efektivitas kemampuan adsorpsi kitosan terhadap limbah sianida dihitung melalui prosentase daya adsorpsi dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Resmianty 2012),

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{(A - B)}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Konsentrasi awal limbah

B : Konsentrasi limbah setelah ditambahkan adsorben

Analisis sianida

Pengukuran parameter utama yaitu analisis konsentrasi sianida dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Hidrokimia, Pusat Penelitian Limnologi LIPI dengan menggunakan alat spektrofotometer. Analisis sianida bebas mengikuti prosedur APHA (2012). Air limbah disaring dengan penyaring milipor 0,45 µm, selanjutnya pipet sebanyak 50 mL ke dalam labu takar 100 mL dan tambahkan dengan *buffer acetat* kemudian dihomogenkan. Campuran homogen ditambahkan 2 mL kloramin T kemudian dihomogenkan dan ditunggu selama 2 menit. Larutan ditambahkan dengan 5 mL *piridin-barbituric acid* dan dihomogenkan kembali, setelah didiamkan selama 8 menit, serapan larutan diukur menggunakan

spektrofotometer pada panjang gelombang 578 nm.

Analisis Data dan Statistik

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial *in time* dengan analisis sidik ragam (ANOVA), yang diolah menggunakan program *Microsoft Excel 2016* dan dilanjutkan uji Duncan dengan taraf kepercayaan 95%. Uji statistik dilakukan untuk mengetahui tingkat korelasi antar parameter, yaitu melihat faktor yang memiliki perbedaan terhadap perlakuan dan waktu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Konsentrasi Kitosan Terhadap Daya Absorbansi

Penelitian ini didahului dengan melakukan optimasi pemberian kitosan dengan sebelas perlakuan pada limbah yang mengandung sianida. Limbah yang digunakan pada penelitian ini merupakan limbah dengan konsentrasi awal sianida yaitu 225,48 ppm. Pengujian kemudian dilakukan terhadap beberapa parameter antara lain pH, turbiditas, dan TDS.

Pengaruh kitosan terhadap pH

Ukuran yang menunjukkan kualitas air dan jumlah atau aktivitas ion hidrogen dalam air salah satunya adalah derajat keasaman atau pH (Asip *et al.* 2015). Pengaruh konsentrasi kitosan terhadap penurunan pH dapat dilihat pada *Figure 1* berikut.

Berdasarkan *Figure 1* diketahui bahwa pemberian larutan kitosan memberikan pengaruh terhadap penurunan pH, semakin tinggi konsentrasi larutan kitosan yang diberikan, maka nilai pH pada limbah sianida semakin rendah. Menurut Hendrawati *et al.* (2015) penurunan pH tersebut dikarenakan larutan kitosan yang bersifat asam dan adanya polielektrolit kationik yang terdapat pada kitosan yaitu ion hidrogen bebas (H^+) yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis ketika koagulan bereaksi dengan air. Nilai pH terendah berada pada penambahan kitosan 1200 ppm. Baku mutu pH air limbah bagi industri pertambangan bijih emas atau tembaga berdasarkan KLH (2004) berkisar antara 6-9. Berdasarkan hasil penelitian maka penambahan larutan kitosan konsentrasi 500-1200 ppm memenuhi standar baku mutu pH pada limbah sianida hasil pengolahan bijih emas yang ditetapkan oleh pemerintah.

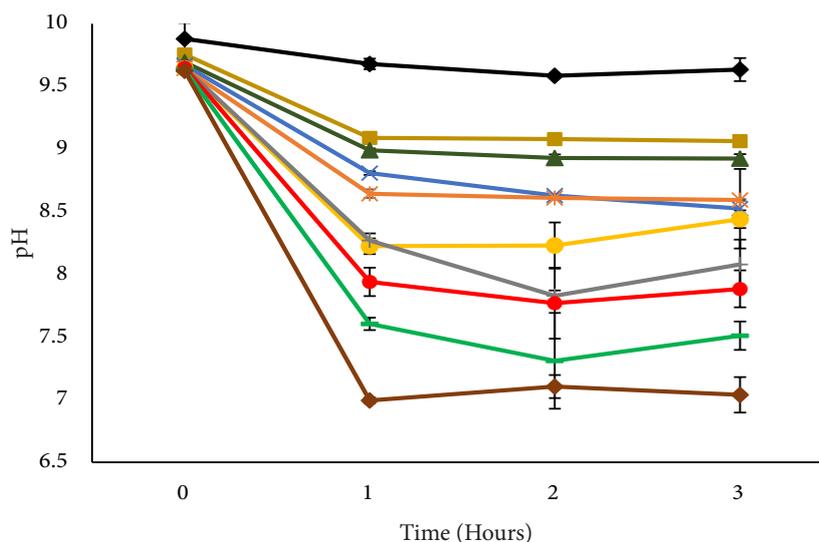


Figure 1 The effect of the chitosan concentration on the test results of pH, (—◆—) 0 ppm, (—■—) 400 ppm, (—▲—) 500 ppm, (—◆—) 600 ppm, (—✱—) 700 ppm, (—●—) 800 ppm, (—+—) 900 ppm, (—●—) 1000 ppm, (—■—) 1100 ppm, (—◆—) 1200 ppm.

Pengaruh kitosan terhadap TDS

Total Dissolve Solid (TDS) merupakan suatu benda padat terlarut yang meliputi semua mineral, garam, logam, serta kation/anion yang dapat terlarut di air (Ilyas *et al.* 2013). Kadar TDS yang tinggi pada umumnya diakibatkan banyaknya kandungan senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, seperti mineral dan garam (Rinawati *et al.* 2016). Pengaruh penggunaan kitosan terhadap turbiditas dapat dilihat pada *Figure 2* berikut.

Berdasarkan *Figure 2* diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi kitosan yang diberikan pada larutan sianida tidak memberikan pengaruh secara signifikan terhadap penurunan atau kenaikan TDS. Tidak terdapatnya pengaruh kitosan terhadap kenaikan maupun penurunan TDS disebabkan ukuran zat terlarut sangat kecil dan telah menyatu dengan larutannya (tersuspensi), walaupun penambahan kitosan pada limbah sianida tidak berpengaruh nyata, tetapi terdapat penurunan dari kontrol (limbah sianida tanpa perlakuan) dengan limbah sianida dengan perlakuan kitosan. Sari *et al.* (2017) menyatakan bahwa terjadi penurunan nilai TDS pada air sumur yang diberikan

kitosan karena kitosan mampu mengikat pengotor organik maupun anorganik yang terionkan

Pengaruh kitosan terhadap turbiditas

Penambahan kitosan pada limbah sianida mengakibatkan adanya penurunan tingkat turbiditas. Pengaruh penambahan kitosan terhadap penurunan tingkat turbiditas dapat dilihat pada *Figure 3*.

Berdasarkan *Figure 3* diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi kitosan yang diberikan, maka semakin menurunkan nilai turbiditas dalam limbah tersebut. Konsentrasi optimum koagulan kitosan berada pada konsentrasi 1.000 ppm atau setara dengan 99,99%. Pemberian koagulan pada dosis yang optimal dapat membantu mengikat bahan pencemar lalu membuat partikel-partikel halus penyebab kekeruhan yang tadinya bersifat stabil menjadi tidak stabil muatannya sehingga terjadi gaya tarik-menarik menjadi terendapkan membentuk flok (Wardhani *et al.* 2014). Menurut Al-Manhel *et al.* (2016), penurunan tingkat turbiditas akibat adanya penambahan kitosan karena kitosan adalah multi polimer bio, memiliki muatan positif dan mengandung

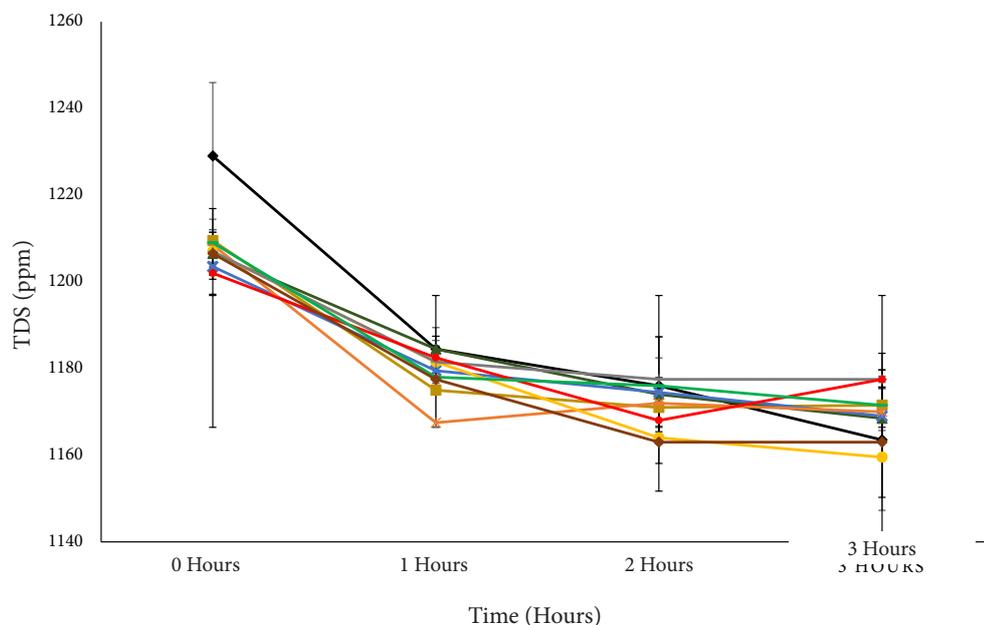


Figure 2 The effect of the chitosan use on the test results of TDS, (—◆—) 0 ppm, (—■—) 400 ppm, (—▲—) 500 ppm, (—◆—) 600 ppm, (—*—) 700 ppm, (—●—) 800 ppm, (—+—) 900 ppm, (—●—) 1000 ppm, (—■—) 1100 ppm, (—◆—) 1200 ppm.

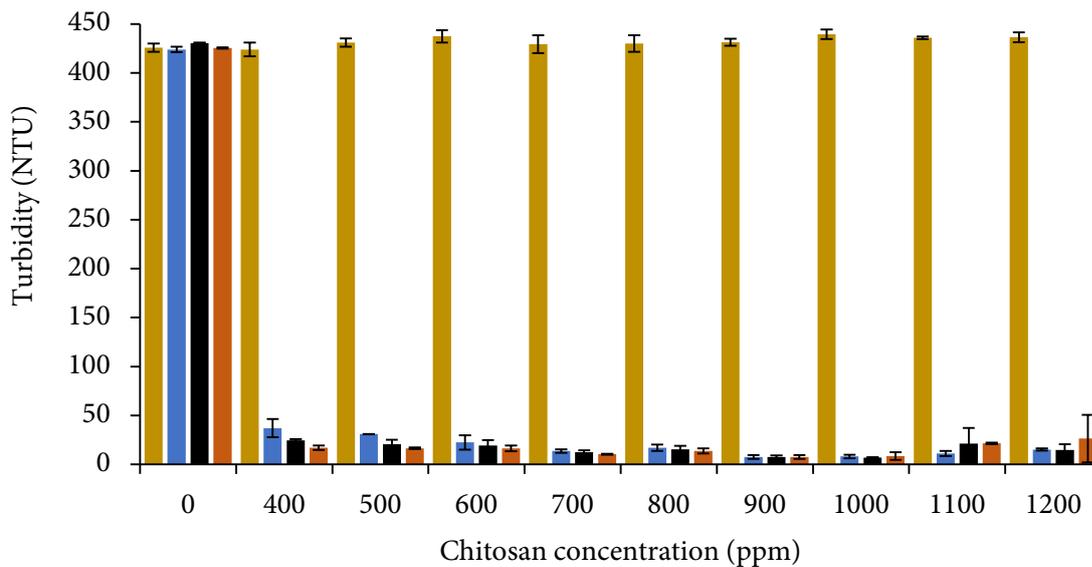


Figure 3 The effect of the chitosan concentration on the test results of turbidity, (■) 0 hours, (■) 1 hours, (■) 2 hours, (■) 3 hours.

kelompok amina bebas yang memberikan kemampuan tinggi dalam keterkaitan secara kimia dengan molekul yang memiliki muatan negatif seperti protein, lemak dan ion mineral.

Pengaruh kitosan terhadap sianida

Penentuan konsentrasi kitosan optimum terhadap penurunan kadar sianida dalam air pada rentang konsentrasi 400–1200 ppm. Hasil pengujian ditunjukkan pada *Figure 4*

Berdasarkan hasil pengujian pada *Figure 4* diketahui bahwa penggunaan kitosan optimum dalam menurunkan kadar sianida yaitu pada konsentrasi 1000 ppm atau mampu menurunkan pH dari kontrol sebesar 49%. Konsentrasi inilah yang selanjutnya digunakan untuk melakukan penelitian lanjutan.

Pengaruh modifikasi terhadap daya adsorbansi kitosan

Hasil pada penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa konsentrasi larutan kitosan optimum sebagai adsorben sianida adalah 1000 ppm. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian dilanjutkan dengan melakukan penelitian utama melalui pengukuran daya adsorpsi. Prosentase adsorpsi kadar sianida oleh berbagai modifikasi kitosan dan berdasarkan waktu

kontak pada pengadukan lambat ditunjukkan pada *Table 1*.

Kitosan memberikan pengaruh dalam menurunkan kadar sianida. Penggunaan kitosan sebagai adsorben tanpa atau dengan modifikasi secara umum mampu mengadsorpsi sianida secara signifikan. Waktu kontak juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan sianida. Pengaruh modifikasi kitosan dan waktu kontak terhadap penurunan kadar sianida dalam air ditunjukkan pada *Figure 5*.

Berdasarkan hasil pada *Figure 5* diketahui bahwa kitosan dapat menurunkan konsentrasi sianida secara signifikan. Kitosan tanpa maupun dengan modifikasi, keduanya secara signifikan mampu mengadsorpsi sianida di dalam air. Waktu kontak pada proses pengadukan lambat juga berpengaruh terhadap daya adsorpsi konsentrasi sianida. Hasil pada Gambar 5 menunjukkan bahwa waktu kontak pengadukan lambat yang terbaik dalam mengadsorpsi sianida adalah 120 menit. Kitosan cair pada waktu kontak tersebut mampu mengadsorpsi sianida yaitu 83,26%, kitosan modifikasi *crosslink* GA 88,31%, kitosan modifikasi aktif *crosslink* GA 89,29%, dan kitosan modifikasi *swelling crosslink* GA 90,38%.

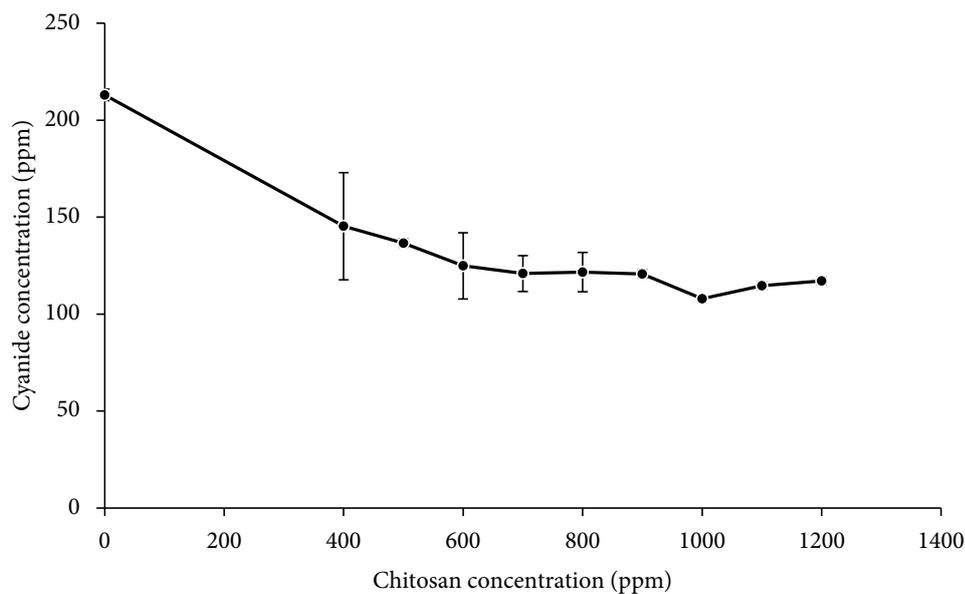


Figure 4 The effect of the chitosan concentration on the reduction of cyanide content

Table 1 The percentage of cyanide adsorption by chitosan and contact time

| Contact time (menit) | Persentase adsorpsi (Percentage of adsorption) | | | | |
|----------------------|--|---------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | Control (%) | Liquid chitosan (%) | Crosslinked GA chitosan (%) | Crosslinked active GA chitosan (%) | Swelling crosslinked GA chitosan (%) |
| 15 | 1.32 ⁿ | 33.22 ⁿ | 38.35 ⁿ | 37.86 ⁿ | 41.18 ⁿ |
| 30 | 2.07 ⁿ | 44.68 ⁿ | 59.73 ^{mn} | 54.52 ⁿ | 57.01 ^{mn} |
| 45 | 3.09 ⁿ | 54.71 ⁱ | 58.71 ^{ij} | 55.05 ^k | 60.44 ^k |
| 60 | 2.34 ⁿ | 61.09 ^k | 65.99 ^{ij} | 63.27 ^k | 66.67 ^{hi} |
| 75 | 2.04 ⁿ | 69.53 ^f | 73.83 ^e | 74.02 ^e | 75.00 ^e |
| 90 | 1.28 ⁿ | 69.53 ^f | 81.11 ^{cd} | 79.07 ^d | 80.47 ^{cd} |
| 105 | 2.68 ⁿ | 69.31 ^f | 81.45 ^{cd} | 81.07 ^{cd} | 81.15 ^{cd} |
| 120 | 2.11 ⁿ | 83.26 ^{bc} | 88.31 ^{ab} | 89.29 ^a | 90.38 ^a |

Hasil penelitian juga membandingkan penggunaan kitosan tanpa maupun dengan modifikasi. Kitosan dengan modifikasi *swelling crosslink* GA memiliki kemampuan yang paling baik dalam menurunkan konsentrasi sianida dibandingkan kitosan tanpa modifikasi (kitosan cair) maupun kitosan dengan modifikasi lainnya (kitosan *crosslink* GA dan kitosan aktif *crosslink* GA). Hal tersebut juga sesuai dengan hasil analisis sidik ragam yang menyatakan bahwa perlakuan

dengan kitosan modifikasi *swelling crosslink* GA mempunyai pengaruh yang berbeda nyata terhadap penurunan kadar sianida. Uji lanjut BNT memberikan hasil bahwa perlakuan kitosan modifikasi *swelling crosslink* GA dengan konsentrasi 1.000 ppm memberikan hasil yang terbaik dalam menurunkan sianida dari 225,48 mg/L menjadi 21,68 mg/L dengan daya adsorpsi sebesar 90,38% pada waktu kontak 120 menit.

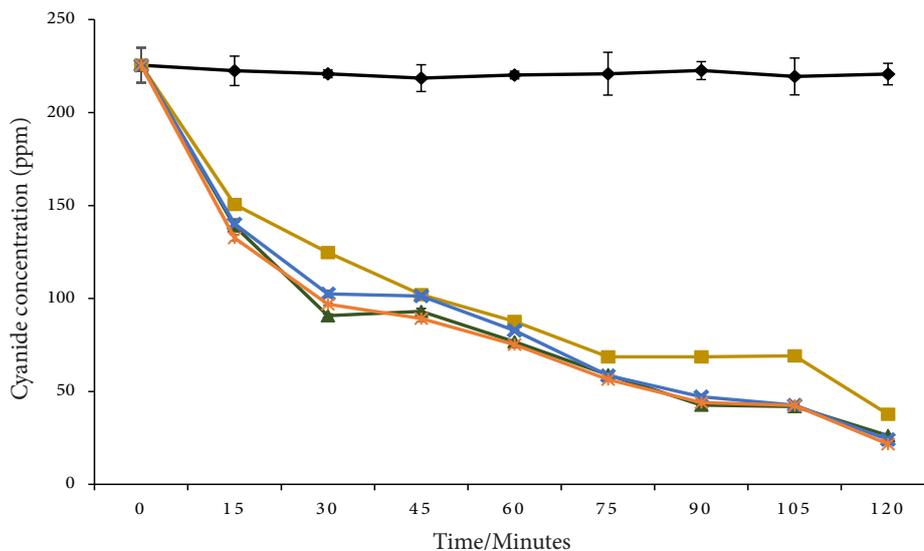


Figure 5 The chart of cyanide content reduction by using chitosan modification, (◆) Control, (■) Liquid chitosan, (▲) Crosslinked GA chitosan, (◆) Crosslinked active GA chitosan, (◆) Swelling crosslinked GA chitosan

KESIMPULAN

Pemanfaatan kitosan sebagai adsorben efektif dalam menurunkan pH, turbiditas, dan kadar sianida pada air limbah. Penggunaan kitosan efektif pada konsentrasi larutan 1.000 ppm melalui proses koagulasi-flokulasi dengan metode *jartest*. Perlakuan kitosan modifikasi *swelling crosslink* GA dengan waktu kontak pengadukan lambat dapat menurunkan kadar sianida dalam air limbah sebesar 90,38% .

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal B, Sengupta P, Balomajumder C. 2013. Equilibrium, kinetic, and thermodynamic studies of simultaneous co-adsorptive removal of phenol and cyanide using chitosan. *International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering*. 7(11): 863-870.
- Agustina S, Swantara IMD, Suartha IN. 2015. Isolasi kitin, karakterisasi, dan sintesis kitosan dari kulit udang. *Jurnal Kimia*. 9(2): 271-278.
- Ahmad M, Ahmed S, Swami BL, Ikram S. 2015. Adsorption of heavy metal ions: role of chitosan and cellulose for water treatment. *International Journal of Pharmacognosy*. 2(6): 280-289.
- Aitio A, Kiilunen M, Santonen T, Nordberg M. 2015. Handbook on the Toxicology of Metals 4th Edition: Gold and Gold Mining. Chapter 38.
- Al-Manhel AJ, Al-Hilphy ARS, Niamah AK. 2018. Extraction of chitosan, characterisation and its use for water purification. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 17(2): 186-190.
- [APHA] American Public Health Association. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 22nd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- [ANTAM] Aneka Tambang Indonesia. 2017. Penambangan emas [Internet]. [diunduh 2017 April24]. Tersedia dari: http://www.antam.com/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=148&lang=id.
- Arora A. 2005. Text Book of Inorganic Chemistry. India (IN): Offset Pr.

- Hardiani L. 2002. Evaluasi efektivitas pengolahan limbah sianida pada pengolahan bijih emas (Studi kasus di PT. Aneka Tambang Unit Bisnis Pertambangan Emas Pongkor, Bogor, Jawa Barat). [Tesis]. Jakarta (ID): Universitas Indonesia.
- Harti R, Allwar, Fitri N. 2014. Karakterisasi dan modifikasi karbon aktif tempurung kelapa sawit dengan asam nitrat untuk menyerap logam besi dan tembaga dalam minyak nilam. *IJCR (Indonesian Journal of Chemical Research)*. 2(1): 74-83.
- Hastuti B, Masykur A, Ifada F. 2011. Modifikasi kitosan melalui proses swelling dan crosslinking menggunakan glutaraldehid sebagai pengadsorpsi logam Cr (VI) pada limbah industri batik. *Jurnal EKOSAINS*. 3(3): 14-21.
- Hendrawati, Sumarni S, Nurhasni. 2015. Penggunaan kitosan sebagai koagulan alami dalam perbaikan kualitas air danau. *Jurnal Kimia VALENSI*. 1(1): 1-11.
- Ilyas NI, Nugraha WD, Sumiyati S. 2013. Penurunan kadar TDS pada limbah tahu dengan teknologi biofilm menggunakan media biofilter kerikil hasil letusan gunung merapi dalam bentuk random (studi kasus: industri tahu jomblang, Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2(3): 1-10.
- [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Bijih Emas dan atau Tembaga. Jakarta (ID): Kementerian Lingkungan Hidup.
- Muharam S, Sugita P, Wulanawati A. 2010. Adsorption of Au (III) onto chitosan glutaraldehyde crosslinked in cyanide solution. *Prosiding Seminar Nasional Sains III*. 6(3): 260-270.
- Oktarina E, Adrianto R, Setiawati I. 2017. Imobilisasi bakteri pada kitosan-alginat dan kitin-alginat. *Majalah Teknologi Agro Industri (TEGI)*. 9(2): 1-8.
- Prayudi T, Susanto JP. 2000. Chitosan sebagai bahan koagulan limbah cair industri tekstil. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 1(2): 121-125.
- Resmianty T. 2012. Efektifitas kitosan dan biofilter eceng gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solm) dan kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) sebagai adsorben pada pengolahan limbah yang mengandung logam Hg, Pb, dan Pb. [Tesis]. Bogor [ID]: Institut Pertanian Bogor.
- Rinawati, Hidayat D, Suprianto R, Dewi PS. 2016. Penentuan kandungan zat padat (*total dissolve solid* dan *total suspended solid*) di perairan Teluk Lampung. *Analytical and Environmental Chemistry*. 1(01): 36-45.
- Sari DP, Abdiani IM. 2015. Pemanfaatan kulit udang dan cangkang kepiting sebagai bahan baku kitosan. *Jurnal Hardopon Borneo*. 8(2): 142-147.
- Sari LP, Rusmini. 2017. Pemanfaatan kitosan dari cangkang kerang simping sebagai penjernih air sumur. *UNESA Journal of Chemistry*. 6(1): 64-67.
- Siregar AD. 1999. Tambang Emas Pongkor sebagai pertambangan Emas berwawasan Lingkungan. *Seminar Teknologi pengolahan Limbah II. Badan Tenaga Atom Nasional*. Jakarta.
- Sugita P, Wukirsari T, Sjahriza A, Wahyono D. 2009. *Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan*. Bogor (ID): IPB Pr.
- Suptijah P, Zahiruddin W, Firdaus D. 2008. Pemurnian air sumur dengan kitosan melalui tahapan koagulasi dan filtrasi. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*. 11(1): 65-72.
- Sutoto. 2007. Studi efek iradiasi radium untuk pengolahan limbah sianida industri pertambangan emas. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*. 10: 16-26.
- Wahyono D. 2010. Ciri nanopartikel kitosan dan pengaruhnya pada ukuran partikel dan efisiensi penyalutan ketoprofen. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Wardhani K, Widyastuti, Hadiwidodo M, Sudarno. 2014. Khitin cangkang rajungan (*Portunus pelagicus*) sebagai biokoagulan untuk penyisihan turbidity, TSS, BOD dan COD pada pengolahan air limbah farmasi PT. Phapros Tbk, Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 3(4): 1- 6.

Wu CF, Tseng LR, Juang SR. 2010. A review and experimental verification of using chitosan and its derivatives as adsorbent for selected heavy metals. *Journal of Environmental Management*. 91: 798-806.