

Modifikasi dan Karakterisasi Kitosan dari Limbah Cangkang Kepiting Bakau Asal Kabupaten Maluku Tenggara sebagai Adsorben Logam Pb dan Cd

RACHMIN MUNADI¹, YUSAFIR HALA², DAN FANDI JAKA BIMANTARA¹

¹Universitas Islam Makassar, Perintis Kemerdekaan Km 9 No.29 Makassar

²Universitas Hasanuddin, Perintis Kemerdekaan Km 10 Tamalanrea Makassar

* alamat email korespondensi: rachmin.munadi@gmail.com

Informasi Artikel

Abstrak/Abstract

Kata Kunci:
Cangkang; kepiting;
bakau; kitosan;
adsorben; logam; Pb;
Cd.

Kepiting bakau merupakan salah satu hewan laut yang cukup bernilai ekonomis yang hidup di lingkungan bakau (hutan mangrove). Kepiting bakau juga dikonsumsi oleh masyarakat, terutama masyarakat di daerah pesisir. Cangkang kepiting yang mengandung senyawa kimia kitin dan kitosan merupakan limbah yang mudah didapat dan tersedia dalam jumlah yang banyak, dan selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Kitosan yang diisolasi dari cangkang kepiting dapat digunakan sebagai adsorben logam berat. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui modifikasi dan karakterisasi kitosan dari limbah cangkang kepiting bakau sebagai adsorben logam Pb dan Cd. Metode penelitian meliputi deproteinasi dengan NaOH 1 M, demineralisasi dengan HCl 1 N, dan dekolorisasi dengan NaOCl. Modifikasi kitosan pada proses deasetilasi menggunakan NaOH 60% secara bervariasi. Karakterisasi kitosan yaitu uji kadar air, kelarutan, uji ninhidrin, dan derajat deasetilasi menggunakan FTIR. Penentuan kapasitas adsorpsi kitosan terhadap logam menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Sampel diperoleh dari Desa Evu, Maluku Tenggara. Berdasarkan analisis data dan pembahasan dapat diperoleh hasil bahwa kadar air yang sesuai pada 3x1 jam yakni 7,63%, larut sempurna dalam asam asetat 2%, uji ninhidrin positif berwarna ungu, dan derajat deasetilasi yang baik pada modifikasi 3x1 jam. Kitosan dengan massa 0,1 g mampu menurunkan kadar logam Pb dan Cd sampai konsentrasi 100 ppm dengan persentase adsorpsi $\geq 90\%$.

Keywords: Shell;
mud; crab; chitosan;
adsorben; metal; Pb;
Cd.

Mangrove crab is one of the marine animals that is quite economically valuable that lives in a mangrove environment (mangrove forest). Mangrove crabs are also consumed by the community, especially people in coastal areas. Crab shells containing the chemical compounds chitin and chitosan are waste that is easily available and available in large quantities, which so far has not been optimally utilized. Chitosan isolated from crab shells can be used as heavy metal adsorbents. The aim of this research was to determine the modification and characterization of chitosan from mangrove crab shell waste as Pb and Cd metal adsorbents. The research methods included of deproteination with 1 M NaOH, demineralization with 1 N HCl, decolorization with NaOCl. Modification of chitosan in the deacetylation process using NaOH 60% was varied. The characterization of chitosan were moisture, solubility, ninhydrin test, and deacetylation degree using FTIR. Determination of the adsorption capacity of crystalline to metal using atomic absorption spectrophotometry (AAS). Samples were obtained from Evu Village, Southeast of Maluku. Based on data analysis and discussion, it can be seen that the appropriate water content at 3x 1 hours is 7,63%, completely dissolves in 2% acetic acid, positive purple ninhydrin test, and a good degree of deacetylation at 3x 1 hour modification. Chitosan with a mass of 0,1 g was able to reduce levels of Pb and Cd metals to a concentration of 100 ppm with and adsorption percentage of $\geq 90\%$.

PENDAHULUAN

Kepiting bakau merupakan salah satu hewan laut yang cukup bernilai ekonomis yang hidup di lingkungan bakau (hutan mangrove).

Kepiting bakau juga dikonsumsi oleh masyarakat, terutama masyarakat di daerah pesisir. Potensi sumber daya kepiting bakau yang masih alami dapat dijumpai di Kabupaten Maluku Tenggara, yaitu di ekosistem hutan mangrove Hoat Soarbay

yang tercakup ke dalam Kawasan Konservasi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (KKP3K) Kei Kecil, Maluku Tenggara [1]. Selama ini pemanfaatan kepiting hanya terbatas sebagai kebutuhan pangan saja. Pemanfaatan limbah cangkang kepiting kurang begitu diperhatikan karena jumlah limbah yang cukup besar, maka perlu diupayakan pemanfaatan limbah kepiting secara non-konvensional agar cangkang kepiting dapat dibuat kitosan [4].

Kitosan merupakan modifikasi dari senyawa kitin yang banyak terdapat dalam kulit luar hewan golongan *Crustaceae* seperti udang dan kepiting [3]. Kitosan mempunyai struktur kimia yang sama dengan kitin, terdiri dari rantai molekul yang panjang dan berat molekul yang tinggi. Perbedaan antara kitin dan kitosan adalah pada setiap cincin molekul kitin terdapat gugus asetil ($-\text{CH}_3\text{-CO}$) pada atom karbon kedua, sedangkan pada kitosan terdapat gugus amina ($-\text{NH}_2$), Kitosan dapat dihasilkan dari kitin melalui proses deasetilasi yaitu dengan cara direaksikan dengan menggunakan alkali konsentrasi tinggi dengan waktu yang relatif lama dan suhu tinggi [4].

Secara umum proses pembuatan kitosan meliputi tiga tahap, yaitu deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Proses deproteinasi bertujuan mengurangi kadar protein dengan menggunakan larutan alkali encer dan pemanasan yang cukup. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk mengurangi kadar mineral (CaCO_3) dengan menggunakan asam konsentrasi rendah untuk mendapatkan kitin, sedangkan proses deasetilasi bertujuan menghilangkan gugus asetil dari kitin melalui pemanasan dalam larutan alkali kuat dengan konsentrasi tinggi [9].

Berbagai sumber tentang keberadaan logam berat yang berlebih pada lingkungan perairan dan darat disebabkan oleh aktivitas manusia seperti perindustrian, pariwisata serta pembangunan yang tidak dikelola dengan baik, dan kurangnya kesadaran masyarakat khususnya yang mendiami wilayah pesisir pantai serta sungai untuk tidak membuang sampah langsung ke perairan. Menurut [11] pencemaran berbagai jenis logam berat di Kota Ambon telah menjadi perhatian utama karena efek toksisitas yang dapat ditimbulkannya.

Berdasarkan dari penjelasan di atas, mengingat pentingnya nilai manfaat ekologis dan ekonomis yang dimiliki kepiting bakau, dan untuk menanggulangi pencemaran akibat limbah cangkang kepiting dan logam berat sekaligus memanfaatkan cangkang kepiting, maka perlu dilakukan penelitian terkait pemanfaatan limbah

cangkang kepiting bakau yang mengandung kitosan sebagai adsorben pengurangan polutan logam berbahaya yakni Pb dan Cd.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui modifikasi dan karakterisasi kitosan dari limbah cangkang kepiting bakau asal Kabupaten Maluku Tenggara sebagai adsorben logam Pb dan Cd.

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat menambah khazanah ilmu pengetahuan tentang pemanfaatan kitosan dari limbah cangkang kepiting bakau sebagai adsorben logam berat dan juga sebagai referensi penelitian selanjutnya.

EKSPERIMEN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode yang telah dilakukan oleh [10]. Namun ada pula metode yang telah dimodifikasi.

Material

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini meliputi akuades, HCl (pa Merck), CH_3COOH (pa Merck), cangkang kepiting, NaOH (pa Merck), NaOCl (pa Merck), larutan ion logam, dan air bebas mineral.

Instrumentasi

Instrumen yang digunakan pada penelitian adalah spektrofotometer FTIR Shimadzu FTIR 8201 PC serta spektrofotometer serapan atom Perkin Elmer 3110.

Prosedur

Pengolahan Sampel

Sampel dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang melekat dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 8-12 jam. Kemudian, digiling dan diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh.

Pembuatan Kitin

1. Deproteinasi

Campur cangkang kepiting yang telah digiling/dihaluskan (keadaan kering kemudian diblender) dengan larutan NaOH dalam gelas piala. Perbandingan cangkang kepiting:larutan NaOH 1:10 (g/mL). Aduk campuran dengan *magnetic stirrer* konstan (700 rpm) sambil

dipanaskan dengan menggunakan kompor listrik sampai suhu 60°C selama 120 menit. Kemudian, saring slurry dengan menggunakan corong dan kertas saring.

Cuci endapan dengan menyempatkan akuades menggunakan pipet di dalam gelas piala sampai pH netral.

Saring endapan dengan corong dan kertas saring. Keringkan di dalam oven. Remaserasi diulang hingga dua kali dengan menggunakan pelarut yang sama. Ekstrak yang diperoleh dikumpulkan, lalu diuapkan sampai ekstrak kental. Kemudian ditimbang.

2. Demineralisasi

Endapan hasil deproteinasi dilarutkan dengan HCl 1 M dalam gelas piala. Perbandingan berat sampel:larutan HCl 1 M = 1:10 (b/v). Aduk campuran dengan *magnetic stirrer* konstan (700 rpm) sambil dipanasi dengan menggunakan kompor listrik sampai suhu 30°C, selama 60 menit. Kemudian saring slurry dengan menggunakan corong dan kertas saring.

Cuci endapan dengan menyempatkan akuades menggunakan pipet di dalam gelas piala sampai pH netral. Saring endapan dengan corong dan kertas saring dan keringkan di dalam oven, maka diperoleh kitin.

3. Dekolorisasi

Endapan hasil demineralisasi dicampurkan dengan larutan NaOCl 0,315% selama 10 menit pada suhu kamar, dinetralkan sampai pH netral kemudian dikeringkan, sehingga diperoleh kitin yang lebih putih.

Modifikasi Kitosan

Modifikasi kitosan dilakukan dengan proses deasetilasi yaitu, kitin yang diperoleh ditambahkan NaOH 60% dengan perbandingan 1:15 (g/mL) dan dipanaskan pada suhu 90°C, dibagi dalam 3 tahapan waktu (1x3 jam, 2x1,5 jam, 3x1 jam). Aduk dengan kecepatan konstan. Endapan yang diperoleh kemudian dicuci sampai pH netral dengan HCl encer. Kemudian, dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C, kemudian ditimbang sampai berat konstan dan diperoleh kitosan.

Karakterisasi Kitosan

Kitosan yang diperoleh dikarakterisasi melalui penentuan kadar air menggunakan metoda

gravimetri, kelarutan kitosan serta uji dengan larutan ninhidrin, analisis gugus fungsional, dan penentuan derajat deasetilasi.

1. Penentuan Kadar Air Kitosan

Sebanyak 0,5 gram sampel kitosan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Kemudian, didinginkan dalam desikator. Lalu ditimbang. Perlakuan diulangi sampai diperoleh berat yang konstan.

2. Kelarutan Kitosan

Kelarutan kitosan merupakan salah satu parameter yang dapat dijadikan sebagai standar penilaian mutu kitosan. Semakin tinggi kelarutan kitosan berarti mutu kitosan yang dihasilkan semakin baik. Dalam hal ini kitosan dilarutkan pada asam asetat 2% dengan perbandingan 1:100 (g/mL).

3. Uji Ninhidrin

Sebesar 0,1 gram kitosan yang diperoleh dari penelitian disempatkan dengan larutan ninhidrin kemudian didiamkan selama 5 menit. Amati perubahan yang terjadi, jika positif berubah warna ungu maka kitin telah berubah menjadi kitosan. Ninhidrin merupakan zat pengoksidasi kuat yang dapat bereaksi dengan amina (dari senyawa kitosan) pada pH 4-8 membentuk senyawa berwarna ungu.

4. Analisis Gugus Fungsional dan Derajat Deasetilasi kitosan

Secara kuantitatif kitosan yang diperoleh dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus-gugus aktifnya. Analisa derajat deasetilasi (DD) menggunakan metoda FTIR. Kitosan yang dihasilkan dapat dianalisis % DD dengan rumus Baxter dkk.

$$\%DD = 100 - \left[\left(\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \right) \times 115 \right] \%$$

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kitosan Terhadap Logam

Sebanyak 0,1 gram kitosan ditambahkan masing-masing dengan 25 mL larutan ion logam

Tabel 1. Hasil Modifikasi dan Karakterisasi Kitosan

Parameter	1x3 Jam	2x1,5 Jam	3x1 Jam	Nilai Standar Internasional
Kadar Air (%)	46,5%	41,3%	7,63%	<10 %
Kelarutan Asam asetat	Larut	Larut	Larut	Larut
Uji Ninhidrin	Ungu	Ungu	Ungu	Positif berwarna
Tekstur	Serbuk	Serbuk	Serbuk	Serbuk
Warna	kuning pucat	Putih	Putih	Putih sampai kunir
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
Derajat Deasetilasi (%)	54,61%	38,36%	64,7%	Umumnya 60 %; 90-110 % yang terdeasetilasi

Keterangan : * (Agustina dan Kurniasih, 2013)

Pb dan juga pada ion logam Cd, dengan masing-masing konsentrasi 25, 50, dan 100 ppm pada kondisi pH 7. Larutan kemudian dikocok dengan menggunakan *stirrer* pada kecepatan 50 rpm pada suhu 250°C. Reaksi dihentikan pada menit ke-20. Larutan kemudian disaring dan kadar ion logam yang tersisa diukur dengan menggunakan SSA.

yakni 7,63% pada modifikasi 3x1 jam atau kitosan nomor 3 sesuai dengan standar mutu untuk kadar air kitosan adalah $\leq 10\%$, pada dua modifikasi yang lain tidak sesuai standar mutu. Hal ini dipengaruhi oleh proses pada saat pengeringan, lama pengeringan, jumlah kitosan yang dikeringkan dan luas permukaan tempat kitosan dikeringkan [3].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah menghasilkan kitosan dari cangkang kepiting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kitosan yang diperoleh telah memenuhi nilai standar internasional sehingga bisa digunakan untuk berbagai aplikasi.

Kitosan yang dihasilkan memiliki kelarutan yang sempurna dalam asam asetat 2%. Kelarutan diamati dengan membandingkan kejernihan larutan kitosan dengan kejernihan pelarutnya. Kelarutan kitosan dalam larutan asam asetat dipengaruhi oleh suhu dan lamanya perendaman dalam larutan NaOH. Asam asetat tergolong asam lemah golongan asam karboksilat yang mengandung gugus karboksil (-COOH). Gugus karboksil mengandung sebuah gugus karbonil dan sebuah gugus hidroksil. Titik didihnya mencapai 118°C dan baunya sangat tajam [6].

Karakterisasi Kitosan

Kandungan air yang besar tidak baik untuk pangan karena dapat mengurangi ketahanan terhadap mikroorganisme. Hasil modifikasi dan karakterisasi kitosan ditunjukkan pada Tabel 1.

Pada **Tabel 1** dapat dilihat bahwa sifat kitosan hanya dapat larut dalam asam encer, seperti asam asetat, asam format, asam sitrat kecuali kitosan yang telah disubstitusi dapat larut air. Adanya gugus karboksil dalam asam asetat

Tabel 1 menunjukkan hasil berturut-turut 1x3 jam, 2x1,5 jam, dan 3x1 jam yakni; 46,5%, 41,3%, dan 7,63%. Hasil terbaik untuk modifikasi

Tabel 2. Analisis FTIR pada Kitosan

Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm-1)				
	Kitin Literatur*	Kitosan Literatur*	Kitosan 1 (1x 3 Jam)	Kitosan 2 (2x 1,5 Jam)	Kitosan 3 (3x 1 Jam)
OH	3448	3450,0	3450,65	3444,87	3483,44
N-H ulur	3300-3250	3335,0	2960,73	3122,75	2962,66
C-H ulur	2891,1	2891,1	2926,01	2926,01	2927,94
NH ₂ guntingan	1560-1530	1655,0	1647,21	1643,35	1647,21
CH ₃	1419,5	1419,5	1429,25	1427,32	1421,54
C-O-C	1072,3	1072,3	1070,49	1072,42	1072,42
C=O	1680-1660	-	-	-	-
NH ₂ kibusan dan pelintiran	-	850,0-750,0	873,75	873,75	873,75
N-H kibusan	750-650	715,0	713,66	711,73	713,66

*(Puspiwati dan Simpen, 2010)

akan memudahkan pelarutan kitosan karena terjadinya interaksi hidrogen antara gugus karboksil dengan gugus amina dari kitosan [5].

Hasil uji ninhidrin kitosan menunjukkan positif yang dapat dilihat dari perubahan warna kitosan yang berwarna putih krem menjadi ungu. Ninhidrin merupakan zat pengoksidasi kuat yang dapat bereaksi dengan amina (dari senyawa kitosan) pada kisaran pH 4-8 membentuk senyawa berwarna ungu.

Identifikasi Senyawa Kitosan

Hasil analisis FTIR pada kitosan dapat dilihat pada **Tabel 2**. **Tabel 2** memperlihatkan pola serapan yang muncul pada kitosan berurutan modifikasi 1, 2, 3 dari cangkang kepiting 3450,65 cm^{-1} , 3444,87 cm^{-1} , 3483,44 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi OH, sementara vibrasi ulur N-H muncul pada 2960,73 cm^{-1} , 3122,75 cm^{-1} , 2962,66 cm^{-1} (tajam) pada kitosan cangkang kepiting. Serapan lainnya yaitu pada 2926,01 cm^{-1} , 2926,01 cm^{-1} , 2927,94 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur dari gugus C-H metilen. Vibrasi gantungan NH_2 dan bengkokan N-H pada 1647,21 cm^{-1} , 1643,35 cm^{-1} , 1647,21 cm^{-1} . Serapan CH_3 pada kitosan muncul pada 1429,25 cm^{-1} , 1427,32 cm^{-1} , 1421,54 cm^{-1} . Adanya serapan pada 1070,49 cm^{-1} , 1072,42 cm^{-1} , 1072,42 cm^{-1} pada kitosan cangkang kepiting menunjukkan vibrasi gugus C-O-C. Vibrasi kibasan N-H muncul pada 713,66 cm^{-1} , 711,73 cm^{-1} , 713,66 cm^{-1} .

Perbedaan yang terjadi setelah tahap deasetilasi adalah tidak munculnya gugus C=O pada 1680-1660 cm^{-1} yang menandakan hilangnya atau telah berkurangnya gugus C=O pada kitosan, serta munculnya serapan pada 873,75 cm^{-1} , 873,75 cm^{-1} , 873,75 cm^{-1} pada kitosan cangkang kepiting yang merupakan vibrasi dari gugus kibasan dan pelintiran NH_2 . Hasil tersebut menunjukkan bahwa optimasi kitin telah menjadi senyawa kitosan.

Adsorpsi Logam Pb dan Cd

Tabel 4. Hasil adsorpsi kitosan terhadap logam Cd

Kadar Cd awal (ppm)	Absorbansi Cd yang teradsorpsi	Kadar Cd dalam Filtrat (ppm)	Kadar Cd yang Tersisa (ppm)	Kadar Cd yang teradsorpsi (ppm)	% adsorpsi
25	0,0473	24,93	0,19	24,74	99,23
50	0,0377	50,05	0,14	49,91	99,72
75	0,4903	74,94	2,56	72,38	96,58
100	0,6280	100,02	82,35	17,67	17,66

Hasil adsorpsi logam Pb dan Cd dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4 berikut:

Tabel 3. Hasil adsorpsi kitosan terhadap logam Pb

Kadar Pb awal (ppm)	Kadar Pb dalam Filtrat (ppm)	Kadar Pb yang Tersisa (ppm)	Kadar Pb yang teradsorpsi (ppm)	% adsorpsi
25	24,94	0,049	24,891	99,80
50	49,99	1,000	48,99	97,99
75	75,02	6,926	68,094	90,76
100	100,00	1,602	98,398	98,39

Menurut [3] Interaksi antara kitosan dengan logam merupakan reaksi pembentukan senyawa kompleks antara kitosan dengan ion logam, dimana kitosan berperan sebagai ligan dan ion logam sebagai ion pusat. Hal ini terjadi karena melimpahnya pasangan elektron bebas pada oksigen, serta nitrogen pada struktur molekul kitosan. Sehingga, kitosan berperan sebagai donor pasangan elektron bebas (basa lewis) dan ion logam sebagai reseptor pasangan elektron bebas (asam lewis).

Hasil analisis menggunakan SSA terlihat bahwa logam Cd lebih mudah terserap dibandingkan dengan logam Pb. Hal ini disebabkan karena jari-jari atom Cd lebih kecil daripada Pb. Jari-jari atom Cd adalah 109 dan jari-jari atom Pb sebesar 132. Daya serap kitosan lebih besar pada logam yang memiliki jari-jari ion lebih kecil. Semakin besar jari-jari atomnya, maka semakin kecil nilai energi ionisasinya. Sehingga semakin mudah suatu unsur untuk melepaskan elektron. Jika suatu unsur mudah melepaskan elektron, maka kekuatan ikatan logamnya semakin kuat [4].

Hasil adsorpsi Cd dengan konsentrasi 100 ppm pada Tabel 4 menunjukkan berkurangnya kemampuan adsorpsi kitosan pada konsentrasi 100 ppm terhadap logam. Hal ini disebabkan untuk konsentrasi besar dibutuhkan energi besar untuk terserap kitosan [2].

Hasil adsorpsi dengan konsentrasi 75 ppm pada **Tabel 3** menunjukkan berkurangnya

kemampuan adsorpsi kitosan terhadap logam Pb

dan pada konsentrasi 100 ppm menunjukkan bertambahnya kemampuan adsorpsi kitosan terhadap logam Pb. Hal ini disebabkan konsentrasi Pb dalam suasana asam yang lebih besar membuat larutan tersebut lebih stabil. Energi untuk adsorpsi ini teralihkan menjadi energi pembentukan protoinasi yaitu berikatannya ikatan amida dengan molekul H^+ dari larutan HNO_3 tersebut [2].

Hasil tersebut diketahui bahwa dengan menggunakan massa kitosan sebesar 0,1 gram ternyata mampu mengadsorpsi logam Pb dan Cd sampai dengan konsentrasi 100 ppm dengan persentase rata-rata adsorpsi diatas 90%. Namun persentase adsorpsinya yang menurun disebabkan oleh sisi-sisi aktif kitosan telah jenuh dengan adsorbat [4].

Menurut [8] situs aktif pada kitosan diperankan oleh atom N dari gugus amina ($-NH_2$) dan atom O dari gugus hidroksi ($-OH$). Kedua atom tersebut mempunyai elektron bebas yang dapat mengikat proton atau ion logam membentuk suatu kompleks.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut : Kitosan memiliki gugus amina yang merupakan medan ligan kuat. Sehingga, kitosan lebih efisien digunakan dalam proses adsorpsi.

Karakterisasi terbaik proses deasetilasi kitin limbah cangkang kepiting bakau (*Scylla serrata*.) menjadi kitosan diperoleh pada penambahan 3x1 jam dengan derajat deasetilasi sebesar 64,7%. Kitosan hasil modifikasi mampu mengadsorpsi logam Pb dan Cd sampai dengan konsentrasi 100 ppm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dalam penelitian ini, terkhusus Program Studi Kimia FMIPA Universitas Islam Makassar atas segala fasilitas yang diberikan selama melakukan penelitian ini.

REFERENSI

[1] Abrahamsz, J., Makailipessy, M.M., dan Thenu, I.M., 2018. Dinamika Kelembagaan dan Implikasinya dalam Pengelolaan Perikanan Kepiting Bakau Di Ohoi Evu Kabupaten Maluku Tenggara. *Jurnal*

Kebijakan Perikanan Indonesia. 10 (1) hal: 53-61.

- [2] Asni, Nurul., Saadilah, M. A., dan Saleh, D., 2014. Optimalisasi Sintesis Kitosan Dari Cangkang Kepiting Sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II). *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol. 15 (1).
- [3] Agustina, S., dan Kurniasih, Y. 2013. Pembuatan Kitosan Dari Cangkang Udang Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Logam Cu. *Seminar Nasional FMIPA UNDIKSH*. Hal. 365-372
- [4] Apsari, A. T., dan Fitriasti, D. 2010. Studi Kinetika Penjerapan Ion Khromium Dan Ion Tembaga Menggunakan Kitosan Produk Dari Cangkang Kepiting. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Undip. Semarang.
- [5] Dunn ET, Grandmaison EW, Goosen MFA. 1997. Applications and properties of chitosan. Di dalam: Goosen MFA (ed.). *Applications of Chitin and Chitosan*. Technomic Pub Basel p 3-30.
- [6] Fessenden F. 1986. *Kimia Organik*. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- [7] Fibrianti, L. D., dan Azizah. R., 2015. Karakteristik, Kadar Timbal (Pb) Dalam Darah, Dan Hipertensi Pekerja Home Industry Aki Bekas Di Desa Talun Kecamatan Sukodadi Kabupaten Lamongan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 8 (1) hal: 92–102.
- [8] Jin, L and Bai, R. (2002). *Machanisms of Lead Adsorption on Chitosan/PVA Hydrogel Beads*. *Langmuir*. 18(25) : 9765-9770.
- [9] Rahayu, L. H., Purnavita. S., 2007. Optimasi Pembuatan Kitosan Dari Kitin Limbah Cangkang Rajungan (Portunus Pelagicus) Untuk Adsorben Ion Logam Merkuri. *Reaktor*, 11 (1), Hal.: 45-49
- [10] Rakhmawati, E., 2007. Pemanfaatan Kitosan Hasil Deasetilasi Kitin Cangkang Bekicot Sebagai Adsorben Zat Warna *Remazol Yellow*. *Skripsi*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [11] Souisa. G. V., 2017. Konsentrasi Logam Berat Cadmium Dan Timbal Pada Air Dan Sedimen Di Teluk Ambon. *2-TRIK: Tunas-Tunas Riset Kesehatan*. 7 (1), hal 1-7.