



Synthesis and Characterization of Composite Fe₃O₄/Chitosan/Clay Bangka

Sintesis dan Karakterisasi Komposit Fe₃O₄/Kitosan/Kaolin Bangka

Eva Julianti *, Verry Andre Fabiani, dan Ristika Oktavia Asriza

Department of Chemistry, Universitas of Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka, Bangka Belitung, 33172

* Corresponding author: fa7ui28@gmail.com

ABSTRACT

Synthesis and characterization of Fe₃O₄/chitosan/clay Bangka has been carried out. Synthesis of composite was done with variations the composition of clay (0; 25; 50; 100 %) at the composition of Fe₃O₄ 95 mg of Fe₃O₄ and 1 gr of chitosan. Characterization of composite Fe₃O₄/chitosan/clay have been analysed with XRD, FTIR, porosity test, the degree of development, and adsorption efficiency test for Cu²⁺ ion. The results of the analysed with XRD show the diffractogram of clay and Fe₃O₄ at 2θ = 8,92°, 29,57°, and 45,61° (clay); 26,90°, and 35,64° (Fe₃O₄). Results of the analysed with ftir show the spectrum of the chitosan, clay, and Fe₃O₄ at 3825, 3689, 2103, 1425 cm⁻¹ (chitosan), 1028, 884,41 cm⁻¹ (clay), 791,11 cm⁻¹ (chitosan) and 696,95 cm⁻¹ (Fe₃O₄). The results of porosity test and the degree of development showed the high point are 1,547 and 754,63% without composition of clay. The adsorption test for Cu²⁺ ion show percentage of adsorption efficiency is 72,41% at composite of Fe₃O₄/chitosan with the clay added 1 gr.

Keywords: Fe₃O₄, chitosan, clay, composite, adsorption

PENDAHULUAN

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dikenal sebagai wilayah maritim dan kepulauan di wilayah Sumatera yang luas wilayahnya mencapai 81.582 km², dengan 79,90% (65.301 km²) adalah laut (Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 2015). Pada tahun 2017, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan salah satu provinsi dengan produksi rajungan sebesar 55,49 ton pertahun (Badan Pusat Statistik, 2018). Tingginya produksi rajungan menyebabkan timbulnya masalah tersendiri yaitu limbah cangkang rajungan yang dibuang begitu saja, sehingga perlu dioptimalkan lebih lanjut. Kandungan

kitin dan kitosan pada cangkang rajungan adalah senyawa biopolimer kedua terbanyak berada di alam setelah selulosa, serta merupakan biopolimer dengan kandungan unsur nitrogen (N) terbanyak di alam. Kandungan gugus amina dan hidroksil yang sangat reaktif menjadikan kitosan dapat digunakan dalam proses adsorpsi ion logam berat (Hastuti, 2011). Dalam upaya peningkatan stabilitas kimia dan pengurangan kelarutan pada berbagai pH, terdapat beberapa strategi yang telah dilakukan. Modifikasi gugus fungsional amina dari kitosan terhadap Fe₃O₄ adalah salah satu cara yang bisa dilakukan. Dyansyah (2015) telah melakukan pemisahan kitosan dari cairan limbah zat warna dengan modifikasi adsorben menggunakan material

magnetit. Magnetit (Fe_3O_4) digunakan untuk melapisi kitosan sebagai anti penggumpalan akibat interaksi dipol magnet, mencegah terjadinya oksidasi, meningkatkan kapasitas adsorpsi serta menstabilkan sisi aktif permukaan (Anggasari dkk, 2013). Rendahnya stabilitas mekanik komposit Fe_3O_4 /kitosan dapat diatasi dengan melakukan modifikasi pada permukaan komposit.

Material alumina-silika yang berpotensi untuk memodifikasi komposit Fe_3O_4 /kitosan yaitu kaolin. Kaolin memiliki beberapa kelebihan, yakni luas permukaan yang besar, stabil secara kimia dan mekanik, kapasitas tukar kation yang tinggi serta memiliki sifat mudah mengembang. Aplikasi kaolin salah satunya adalah sebagai adsorben, namun terdapat permasalahan dengan pemisahan yang terjadi pada proses adsorpsi dalam larutan apabila menggunakan adsorben berfase padat seperti kaolin. Oleh karena itu, perlu untuk mengkompositkan bahan magnetik dan kitosan pada kaolin agar diperoleh komposit magnetik/kitosan/kaolin yang memiliki sifat kemagnetan, hal tersebut dilakukan sebagai upaya dalam mengatasi permasalahan tersebut. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan sintesis dan karakterisasi komposit Fe_3O_4 /kitosan/kaolin Bangka.

METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan sintesis dan karakterisasi komposit Fe_3O_4 /kitosan/kaolin Bangka.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan, Fe_3O_4 komersial, kaolin, parafin, *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) teknis, CH_2O 37 %, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 96%, CH_3COOH 99%, NaOH , HCl 37%, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan Akuades.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang pengaduk, stirrer dan hotplate, oven, tanur, dan berbagai alat gelas, spektrometer serapan atom (SSA), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), serta *X-Ray Diffractometer* (XRD).

Sintesis Fe_3O_4 /Kitosan/Kaolin

Berdasarkan metode penelitian Ma *et al.*, 2014 yang telah dimodifikasi langkah-langkah yang dilakukan yaitu menimbang sekitar 1 gr

kitosan dilarutkan dalam 25 ml larutan CH_3COOH 1% (v/v). Kemudian mengacu pada Novi dkk, 2016 dengan modifikasi, dilakukan penambahan Fe_3O_4 pada massa optimum yaitu 95 mg, serta variasi komposisi kaolin yaitu 0,25, 0,5, dan 1 gr didispersikan ke dalam larutan kitosan dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 jam. Pada dispersi ini, 5 ml parafin dan 0,5 ml CMC 1% ditambahkan dengan pengadukan mekanis pada suhu ruang. Setelah diaduk selama 5 jam, 5-6 ml CH_2O 37% perlahan ditambahkan ke dalam campuran tersebut. Campuran diaduk sampai terbentuk endapan dan dicuci beberapa kali dengan $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 96% dan akuades. Lalu ditanur pada suhu 500°C selama 1 jam dan disimpan ditempat yang kering.

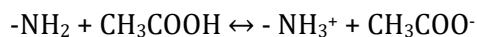
Uji Adsorpsi

Perlakuan ini mengacu kepada penelitian (Yulianis *et al.*, 2017), dengan langkah pertama sediakan bahan baku yaitu serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, kemudian ditimbang 50 mg dan larutkan kedalam 1000 ml akuades yang telah ditambahkan HNO_3 50 ml serta dipanaskan hingga sedikit berkurang volume sampel pelarutnya. Selanjutnya sampel didinginkan dan ditampung dalam labu ukur 1000 ml, lalu dihomogenkan. Sehingga diperoleh larutan artifisial $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi 50 ppm sesuai dengan kebutuhan dalam pengujian adsorpsi. Proses adsorpsi menggunakan komposit Fe_3O_4 /Kitosan/Kaolin, ditimbang sebanyak 0,200gram untuk dicampurkan dalam sampel 100 ml, lalu dihomogenkan dengan *stirrer* selama 30 menit. Setelah itu, diukur menggunakan alat *atomic adsorption spectrophotometer* (AAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Kaolin Terhadap Komposit Fe_3O_4 /Kitosan

Pada sintesis komposit Fe_3O_4 /kitosan/kaolin terjadi proses sambung silang dari suatu senyawa penyambung silang secara ionik atau kovalen dengan penggabungan rantai polimer yang dilakukan untuk meningkatkan stabilitas kitosan dalam suasana asam (Kusumaningsih dkk, 2012). Proses sintesis komposit Fe_3O_4 /kitosan/kaolin dilakukan dengan penambahan 1 % larutan asam asetat dalam 1 gr kitosan. Persamaan reaksi yang terjadi seperti berikut (Noralia dkk, 2013).



Penambahan larutan asam asetat bertujuan agar kitosan dapat tersuspensi bersama Fe₃O₄, untuk meningkatkan kelarutan campuran reaksi kemudian diemulsikan dengan CMC dan parafin.

Pada perlakuan ini, memungkinkan renggangnya rantai polimer akibat dari putusannya beberapa ikatan hidrogen antar molekul, sehingga akan meningkatkan fleksibilitasnya untuk bereaksi dengan gugus -OH dari kaolin dan membuat pori-pori pada permukaan kitosan terbuka. Oksida magnetit dengan besarnya luas permukaan yang dimiliki dan kemampuan merespons medan magnet yang baik menjadikannya dapat berfungsi sebagai pengikat ion logam berat dan memudahkan proses pemisahan adsorben dari larutan (Zaharah dkk, 2015; Tanheitafino dkk, 2016; Susilowati dkk, 2013).

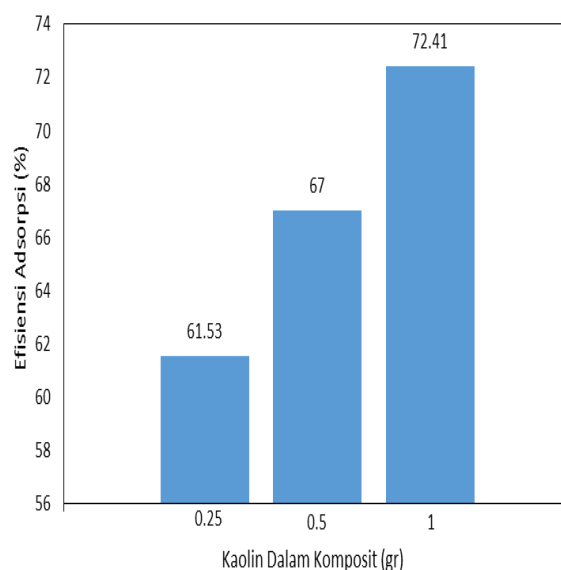
Selanjutnya perlakuan dengan penambahan larutan CMC yang bertujuan untuk mengoptimalkan terbentuknya endapan, larutan CMC diemulsikan dengan parafin dan ditambahkan formaldehid sebagai agen *crosslinker*. Modifikasi Fe₃O₄/kitosan dengan kaolin dilakukan pada variasi massa kaolin 0,25; 0,5; 1 gram, dengan perlakuan tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kaolin terhadap komposit Fe₃O₄/kitosan/Kaolin yang dihasilkan.

Penambahan Fe₃O₄ 95 mg berfungsi untuk menstabilkan sisi aktif permukaan komposit, kemudian ditambahkan larutan pengemulsi (CMC-parafin) yang mengakibatkan terbentuknya dua lapisan, fase atas berupa minyak dan fase bawah berupa pelarut yang mengandung endapan kemudian disaring dan dicuci dengan etanol. Pencucian ini dilakukan untuk menghilangkan sisa pelarut seperti asam asetat. Selanjutnya ditanur pada suhu 500°C (titik didih parafin cair : 350-500°C) selama 1 jam dan diperoleh komposit kering berwarna coklat kehitaman. Hasil sintesis komposit Fe₃O₄/kitosan/kaolin menunjukkan adanya kesesuaian warna komposit dengan referensi dari hasil penelitian Ma *et al.*, 2014.

Adsorpsi Ion Logam Cu²⁺

Berdasarkan Gambar 1 yang menunjukkan hasil penentuan efisiensi adsorpsi komposit dapat disimpulkan bahwa adsorpsi optimum terjadi menggunakan komposit Fe₃O₄/Kitosan/Kaolin pada penambahan Fe₃O₄

sebanyak 95 mg dan kaolin 1 gr. Kadar ion logam Cu²⁺ sebelum diadsorpsi yaitu sebesar 44,37 ppm,



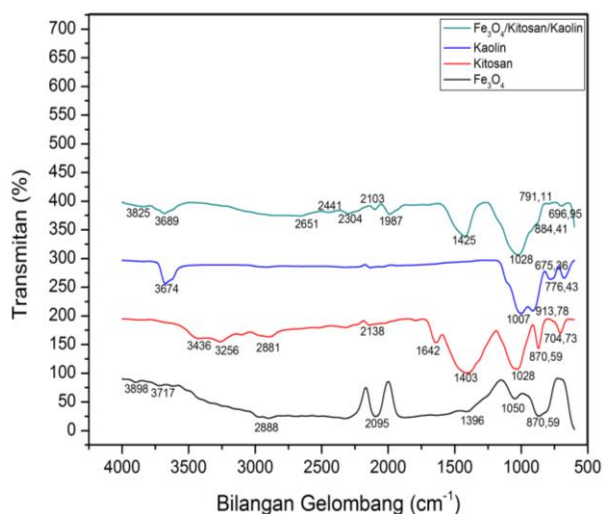
Gambar 1. Grafik Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Cu²⁺

Berdasarkan Gambar 1 yang menunjukkan hasil penentuan efisiensi adsorpsi komposit dapat disimpulkan bahwa adsorpsi optimum terjadi menggunakan komposit Fe₃O₄/Kitosan/Kaolin pada penambahan Fe₃O₄ sebanyak 95 mg dan kaolin 1 gr. Kadar ion logam Cu²⁺ sebelum diadsorpsi yaitu sebesar 44,37 ppm, setelah diadsorpsi terjadi penurunan dengan kadar ion Cu²⁺ yang dihasilkan sebesar 12,24 ppm, dengan hasil yang diperoleh untuk nilai efisiensi adsorpsi mencapai optimum pada 72,41%, dibandingkan dengan nilai efisiensi adsorpsi terhadap ion logam Cu²⁺ menggunakan komposit Fe₃O₄/Kitosan pada penambahan kaolin 0,25 dan 0,5 gr yaitu sebesar 61,53 dan 67%. Selain itu, jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya Le *et al.*, 2017 yang melakukan preparasi ikatan silang partikel magnetit kitosan untuk adsorpsi ion logam Cu²⁺ dengan efisiensi adsorpsi yang diperoleh sebesar 51%.

Penambahan kaolin ke dalam komposit Fe₃O₄/kitosan mengakibatkan terbentuknya pori yang akan mempermudah dalam mengadsorpsi ion logam berat. Selain itu, adanya gugus fungsi yang tinggi pada komposit Fe₃O₄/kitosan/kaolin menjadikan komposit memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi. Sehingga dapat dinyatakan bahwa penambahan kaolin pada sintesis komposit

Fe_3O_4 /kitosan/kaolin berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsinya (Saiful *et al.*, 2013).

Karakteristik Fe_3O_4 /Kitosan/Kaolin

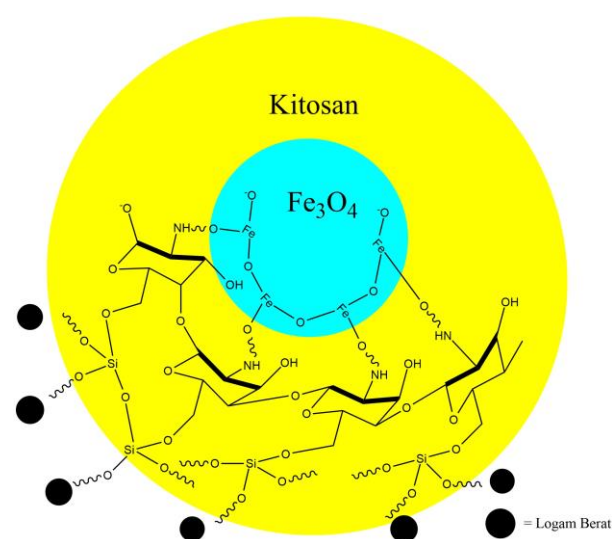


Gambar 2. Spektrum FTIR

Puncak serapan pada bilangan gelombang 1028 dan 1425 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi tekuk gugus C-H dan vibrasi ulur gugus C-O, serta vibrasi ulur gugus Si-O (Silverstein *et al.*, 2005). Di daerah 3825 cm^{-1} menegaskan terjadinya interaksi NH_2 dan O-H pada kitosan dengan O-H pada kaolin dan Fe_3O_4 yang menyebabkan penurunan intensitas serapan dengan adanya pembentukan ikatan hidrogen yang baru antara Fe_3O_4 /kitosan dan kaolin, hal ini ditunjukkan dengan serapan dari Fe_3O_4 , kitosan, dan kaolin sebelum dikompositkan yang muncul pada bilangan gelombang 870,59, 3436, dan 3674 cm^{-1} , kemudian mengalami pergeseran setelah berhasil dikompositkan (Tanheitafino *et al.*, 2016; Indrawati dan Cahyaningrum, 2013). Serapan lebar vibrasi ulur gugus N-H dari komposit hasil sintesis pada daerah 3689 cm^{-1} dan 3256 cm^{-1} dari kitosan. Sementara itu, pada bilangan gelombang 2138 cm^{-1} dari kitosan dan 2103 cm^{-1} dari komposit Fe_3O_4 /kitosan/kaolin menunjukkan adanya gugus NH dari garam amina (NH_3^+) yang dapat berinteraksi dengan gugus lain dari kaolin dan Fe_3O_4 (Silverstein *et al.*, 2005). Pada daerah 1403 cm^{-1} dari komposit mengindikasikan vibrasi tekuk gugus C-H yang diperkuat dengan munculnya serapan pada 1425 cm^{-1} .

Selain itu, pita serapan juga muncul pada bilangan gelombang 1028 cm^{-1} yang menunjukkan adanya vibrasi ulur gugus C-O yang dapat terjadi dari ikatan C-O-C atau C-O-H. Adanya serapan pada 884,41, 791,11, dan 696,95 cm^{-1} menunjukkan keberadaan vibrasi

ulur gugus OH deformasi, terikat ke 2Al^{3+} , vibrasi tekuk gugus N-H dari amina (NH_2), serta ikatan tetrahedral Fe-O dari Fe_3O_4 . Hal tersebut menegaskan bahwa telah terbentuknya komposit Fe_3O_4 /kitosan/kaolin Bangka. Kitosan yang merupakan polimer kationik alami memiliki gugus fungsi amina ($-\text{NH}_2$). Ketika kitosan dilarutkan dalam suasana asam, kitosan akan terprotonasi. Hal ini menyebabkan gugus aminonya berubah menjadi NH_3^+ (Junisu *et al.*, 2017 dan Tanasale *et al.*, 2012). Dengan gugus aktif NH_3^+ dari kitosan yang bermuatan positif akan bereaksi dengan anion dari kaolin dan Fe-O dari Fe_3O_4 , reaksi yang terjadi seperti yang terlihat pada Gambar 3.

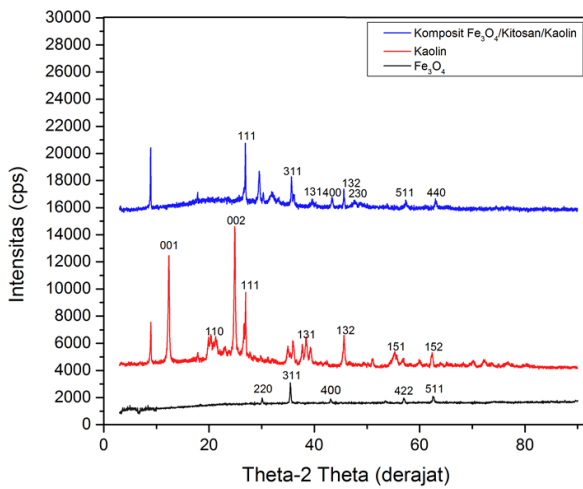


Gambar 3. Ilustrasi Reaksi Komposit Fe_3O_4 /Kitosan/Kaolin terhadap Logam Berat (Asriza dkk, 2019 dengan modifikasi).

Pada Gambar 3 dapat dijelaskan bahwa reaksi pembentukan komposit Fe_3O_4 /kitosan/kaolin terjadi melalui ikatan hidrogen antara atom oksigen pada Fe_3O_4 dengan gugus amino ($-\text{NH}_2$) pada kitosan. Gugus fungsi $-\text{NH}_2$ dan $-\text{OH}$ merupakan gugus aktif yang memiliki kemampuan mengadakan interaksi dengan ion logam. Kedua gugus fungsi tersebut memiliki elektron bebas yang bisa didonorkan kepada ion logam untuk terjadinya pembentukan suatu senyawa kompleks. Adapun penambahan kaolin pada komposit Fe_3O_4 /kitosan akan membentuk pori-pori pada komposit. Pori yang terbentuk pada komposit terjadi akibat adanya ikatan silika dengan oksigen pada gugus $-\text{OH}$. Partikel Fe_3O_4 kemudian dikelilingi oleh ikatan pada kitosan

dan kaolin sehingga komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan}/\text{kaolin}$ memiliki nilai elektronegatifitas besar yang bersumber dari muatan negatif pada kaolin. Hal ini menyebabkan terjadi tarik menarik antara permukaan adsorben dengan ion logam berat (Cu^{2+}) yang bermuatan positif (Asriza dkk, 2019; Setyaningrum dkk, 2014; Hong dkk, 2010; Rahmayani, 2017; Maylani dkk, 2016).

Karakterisasi menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui fasa dan struktur dari Fe_3O_4 , kaolin dan komposit yang terbentuk, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Difraktogram XRD

Puncak-puncak pola difraksi komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan}/\text{kaolin}$ dengan jelas ditunjukkan pada nilai 2θ yaitu $8,92^\circ$, $26,90^\circ$, $29,57^\circ$, $35,64^\circ$, dan $45,61^\circ$ dengan nilai FWHM (*Full Width at Half Maximum*) masing-masing 0,0016, 0,0019, 0,0050, 0,0029, 0,0017. Menurut difraktogram *Join Communittee on Powder Diffraction Standard* (JCPDS) Fe_3O_4 standar nomor 85-1436 serta JCPDS kaolin standar nomor 03-0052. Berdasarkan difraktogram JCPDS, hasil pengukuran XRD menunjukkan adanya kesesuaian pola difraksi dengan referensi dari penelitian sebelumnya (Maylani *et al.*, 2016) sehingga dapat disimpulkan bahwa fasa yang terbentuk pada komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan}/\text{kaolin}$ adalah Fe_3O_4 dan kaolin.

KESIMPULAN

Karakteristik komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{kitosan}/\text{kaolin}$ dari hasil analisis FTIR menunjukkan adanya pita serapan pada daerah 3825, 3689, 2103, 1425 cm^{-1} , 1028, $884,41\text{ cm}^{-1}$, $791,11$

cm^{-1} , serta $696,95\text{ cm}^{-1}$. Hasil XRD menunjukkan adanya puncak difraksi Fe_3O_4 dan kaolin pada $2\theta = 8,92^\circ$, $29,57^\circ$, dan $45,61^\circ$ (kaolin) serta $26,90^\circ$, dan $35,64^\circ$ (Fe_3O_4). Uji adsorpsi terhadap ion Cu^{2+} menunjukkan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 72,41 % pada penambahan kaolin 1 gr.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Dosen Pembimbing, dan pihak Laboratorium Analisis atas bantuan penggunaan alat dan bahan, serta bantuan analisis.

REFERENSI

- Anggasari, N., Alauhdin, M., dan Prasetya, A. T., 2013, Sintesis dan Karakterisasi Membran Kitosan-Tripolifosfat sebagai Alternatif Pengontrol Sistem Pelepasan Obat, *Indo. J. Chem. Sci.*, 2(3):190-193.
- Asriza, R.O., Fabiani, V.A. 2019. Remediasi Logam Seng (Zn) pada Air Bekas Tambang Timah Menggunakan Nanomagnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Kitosan}$ Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*). *Indonesian Journal of Chemical Science* 8 (3) (2019).
- Badan Pusat Statistik, 2018, Ekspor Kepiting dan Kerang-kerangan Menurut Negara Tujuan Utama 2012-2015, (online) www.bps.go.id/linkTabelStatis/View/id/1020, diakses 10 desember 2019.
- Cho, D.W., Jeon, B. H. dan Chon, C. M. (2012). A Novel Chitosan/Clay/Magnetite Composite For Adsorption of Cu (II) and As (V). *Chem. Eng. J.* 200, 654.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. 2015. Statistik Perikanan Tangkap Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Bangka Belitung: Bidang Statistik DKP Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.
- Hastuti, Budi., Masykur, Abu., dan Ifada, Farida. 2011. Modifikasi Kitosan Melalui Proses Swelling Dan Krosslinking Menggunakan Glutaraldehyd Sebagai Pengadsorpsi Logam Cr (VI) Pada Industri Batik. *Jurnal EKOSAINS*. Vol. III. No. 3.
- Hong, S., Chang, Y., and Rhee, I. 2020. Chitosan-Coated Ferrite (Fe_3O_4) Nano particles As A T2 Contrast Agent For Magnetic Resonance Imaging. *Journal Of The*

- Korean Physical Society, 56 (3): 868-873.
- Indrawati, D. dan S. E. Cahyaningrum. 2013. Pengaruh Perbandingan Komposisi Kitosan dan Silika Terhadap Karakterisasi Adsorben Kitosan-Silika Bead. *UNESA Journal of Chemistry*, 2 (1): 8-13.
- Junisu, B.A., Handayani, E., Ismuyanto, B., Saptati, A.S., Hidayati, N. dan Himma, N.F. 2017. Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Efektivitas Proses Koagulasi Menggunakan Besi (III) Klorida Heksahidrat. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, Vol. 1, No. 2, 2017, PP 63-69.
- Kusumaningsih, T., Handayani, D.S., dan Lestari, Y. (2012). Pembuatan Mikrokapsul Kitosan Gel Tersambung Silang Etilen Glikol Diglisidil Eter Sebagai Adsorben Warna Procion Red Mx8b. *AL-CHEMY Jurnal Penelitian Kimia*. 8(1) : 47-56.
- Le, V.T., Tran, B.C., Tran, T.K.N., Tran, X.V., Nguyen, D.D., Nguyen, M.H., Dang, T.T.T., Nguyen, T.H., and Le, H.S., 2017. Preparation Of Cross-linked Magnetic Chitosan Particles From Steel Slag And Shrimp Shells For Removal Of Heavy Metals. *Environmental Technology Journal*.<http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2017.1337236>.
- Ma W., Dai J., Dai X., & Yan Y. 2014. Preparation and Characterization of Chitosan/Clay/ Fe_3O_4 Magnetic Microspheres and Their Application for The Removal of Ciprofloxacin. *Journal of Adsorption Science & Technology*. Vol. 32, No. 10, 2014, 776-777.
- Maylani, A. S., Sulistyaningsih, T., dan Kusumastuti, E. 2016. Preparasi Nanopartikel Fe_3O_4 (Magnetit) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 5 (2) (2016).
- Noralia, E. dan D.K. Maharani. 2013. Filtrasi Ion Logam Cr^{6+} Dengan Membran Komposit Kitosan Silika. *UNESA Journal of Chemistry*, 2 (1): 24-28.
- Novi, Y., Zaharah, T.A., dan Destiarti, L. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Membran Komposit Kitosan-Kaolin. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. Vol. 5 (4), 47-56. ISSN. 2303-1077.
- Rahmayani, N. 2017. Sintesis Dan Pencirian Partikel Magnetik Fe Hasil Reduksi Natrium Borohidrida Dalam Hidrogel Kitosan. Skripsi FMIPA Kimia. Institut Pertanian Bogor.
- Sadiana, I.M., Fatah, A.H., dan Karelius. 2017. Sintesis Komposit Lempung Alam Magnetit Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*. Vol. 11, No. 2, 90-102.
- Saiful, Nurfitriana, Ramli, M., Maulana, I. 2013. Pengembangan Membran Magnesol Untuk Pemurnian Biodiesel. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, Vol. 9, No. 3, Hlm. 118-125.
- Setyaningrum, D. 2014. Sintesis Membran Kitosan-Silika Abu Sekam Padi Untuk Filtrasi Ion Cd^{2+} dan Cu^{2+} , Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Silverstein, R. M., F.X. Webster, and D. Kiemle, Spectrometric Identification of organic compounds, 7 th ed., John Wiley, New York, 2005.
- Susilowati, S., Triyono, Nawangsi, E., dan Widiyati, S. (2013). Pengaruh Zat Aditif THFA Terhadap Porositas Dan Luas Muka Kernel U_3O_8 Hasil Gelasi Eksternal. Yogyakarta: Batan.
- Tanasale, M.F., Killay, A., Laratmase, M.S. (2012). Kitosan Dari Limbah Kulit Kepiting Rajungan (*Portunus sanguinolentus* L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Biru Metilena. *Jurnal Natur Indonesia*, 14 (2), 165-171.
- Tanheitafino, S., Zaharah, T. A., dan Destiarti, L., 2016, Modifikasi Kitosan dengan Kaolin dan Aplikasinya sebagai Adsorben Timbal (II), *J. Kimia Khatulistiwa*, 5 (2), 33-42.
- Yulianis, Mahidin, dan Muhammad, S. 2017. Adsorpsi Ion Logam Tembaga Menggunakan Nano Zeolit Alam Yang Diaktivasi. *Jurnal Litbang Industri* Vol. 7, No. 1, 61-69.
- Zahara, T. A., Shofiyani, A., dan Sayekti, E., 2015, Karakteristik Biomassa Chlorella sp Terimobilisasi pada Kitosan untuk Adsorpsi Kromium (III) dalam Larutan, *Alchemy*, Vol. 11 (1); 15-28.