

Adsorpsi Ion Mg(II) Menggunakan Adsorben Kitin Terfosforilasi

Darjito^{1)*}, Rachmat Triandi¹⁾, Diah Mardiana¹⁾, M. Fathoni¹⁾

¹⁾ Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

Diterima 3 Maret 2013, direvisi 19 April 2013

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang adsorpsi ion Mg(II) menggunakan adsorben kitin terfosforilasi. Proses fosforilasi merupakan modifikasi permukaan adsorben kitin dengan memperkaya gugus fosfat yang bertindak sebagai basa keras sehingga akan lebih cocok mengikat ion Mg(II) yang bertindak sebagai asam keras. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh lama kontak dan variasi konsentrasi ion Mg(II) pada proses adsorpsi menggunakan adsorben kitin terfosforilasi. Variabel yang akan dikaji dalam penelitian ini secara berurutan adalah lama kontak (40, 60, 80, 100, dan 120 menit) dan variasi konsentrasi ion Mg(II) (10, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, dan 200 ppm). Hasil penelitian untuk fosforilasi kitin secara kualitatif dapat dilihat munculnya pita serapan IR pada bilangan gelombang 1099,35 cm⁻¹ yang diduga sebagai ion fosfat dan spektra IR pada bilangan gelombang 1272,93 cm⁻¹ dan 1201,57 cm⁻¹ yang diperkirakan fosfat kovalen. Lama kontak berpengaruh nyata terhadap prosen adsorpsi ion Mg(II) oleh adsorben kitin terfosforilasi dengan lama kontak optimum 120 menit. Kapasitas adsorpsi adsorben kitin terfosforilasi terhadap ion Mg(II) sebesar 499 mg/g.

Kata kunci: ion Mg(II), adsorpsi, kitin, fosforilasi.

ABSTRACT

A study concerning the adsorption of Mg (II) ions using phosphorilation chitin adsorbent. The process is a surface modification of adsorbent chitin by enriching the phosphate group that acts as a hard base so it would be more suitable binding Mg (II) ions, which acts as a hard acid. This research aims to study the effect of contact time and concentration variations of Mg (II) ions on the adsorption process using phosphorilation chitin adsorbent. Variables to be examined in this study in order are contact times (40, 60, 80, 100, and 120 minutes) and the concentration of Mg (II) ions variation are (10, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, and 200 ppm). The results for the characterization of phosphorilation chitin adsorbent can be detect from the IR absorption band at wavenumber 1099.35 cm⁻¹ are suspected of phosphate ions and IR absorption band at wave number 1272.93 cm⁻¹ and 1201.57 cm⁻¹ are estimated as phosphate covalent. The contacts times significantly affect the adsorption Mg (II) ions by the phosphorilation chitin adsorbent, then the optimum of contact time is 120 minutes. Adsorption capacity of phosphorilation chitin adsorbent for the Mg(II) ions is 499 mg/g.

Key word: Mg (II) ions, adsorption, phosphorilation chitin adsorbent.

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi manusia. Air harus tersedia dalam jumlah yang cukup dan memenuhi kualitas yang dibutuhkan. Kualitas air dipengaruhi oleh beberapa parameter, yaitu parameter fisika,

kimia dan biologis. Salah satu parameter kimia yang mempengaruhi kualitas air adalah tingkat kesadahan (*hardness*). Keberadaan kation-kation divalen seperti Fe, Sr, Mn, Ca dan Mg menyebabkan air menjadi sadah. Kandungan ion Ca dan Mg yang paling menentukan tingkat kesadahan air. Adanya kation-kation ini akan menyebabkan sabun sukar berbuih dan menimbulkan kerak pada peralatan logam [1].

*Corresponding author :
E-mail: darjito@ub.ac.id

Tingkat kesadahan yang terlalu tinggi akan menjadi masalah pada proses pengolahan air. Badan pengolahan air (PDAM) tidak akan menerima air dengan kadar Ca atau Mg yang terlalu tinggi karena kandungan logam tersebut dapat merusak alat maupun saluran PDAM. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses penghilangan Ca atau Mg terlebih dahulu.

Selama ini, proses penghilangan ion Mg(II) sebagai salah satu penyebab kesadahan biasa dilakukan dengan proses kapur soda atau penukar ion. Proses kapur soda dilakukan dengan cara menambahkan kapur dan soda ke dalam air, dimana kapur dan soda ini berfungsi sebagai koagulan sehingga dihasilkan endapan $Mg(OH)_2$. Proses kapur soda baik digunakan pada skala industri, tapi perlunya kontrol yang tepat menyebabkan proses ini kurang bisa diterapkan pada skala rumah tangga. Sedangkan pada proses penukar ion, ion Mg(II) dipisahkan dari air, sementara resin penukar ion melepaskan ion Na^+ untuk menggantikannya. Proses ini mudah pengoperasiannya, namun apabila air bakunya keruh dan kandungan zat organik atau kadar Fe^{3+} dan Mn^{2+} tinggi maka resin akan tertutup oleh kotoran sehingga daya tukar ion kurang maksimal [2].

Proses penghilangan ion Mg(II) dalam air sadah juga dapat dilakukan melalui proses adsorpsi. Ion Mg(II) dapat dihilangkan dengan adsorben hasil modifikasi gel silika dari sekam padi [3]. Metode ini cukup efektif mengadsorpsi ion Mg(II), namun proses pembuatannya cukup rumit sehingga kurang tepat diterapkan untuk skala rumah tangga. Bahtiar [4] menggunakan serbuk sekam padi dengan perlakuan NaOH. Metode ini cukup mudah, tapi Mg^{2+} yang teradsorpsi tidak terlalu besar [4]. Adsorpsi ion Mg(II) dapat dilakukan dengan adsorben kitosan dari cangkang udang windu. Penggunaan kitosan untuk mengadsorpsi ion Mg(II) dari teori asam basa keras lunak kurang menguntungkan mengingat gugus amina dari kitosan sebagai basa lunak kurang sesuai dalam hal mengikat ion Mg(II) yang merupakan asam keras. Dengan demikian adsorben kitin yang memiliki sisi aktif berupa gugus amida yang

merupakan basa keras lebih sesuai untuk mengikat ion Mg(II) [5].

Kitin biasa ditemukan di alam sebagai komponen struktural dinding sel fungi maupun eksoskeleton *arthropoda*, *nematoda* dan *mollusca* [6]. Di alam, kitin yang berupa polimer amida bergabung dengan senyawa lain seperti protein, senyawa anorganik ($CaCO_3$) dan pigmen. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses demineralisasi dan deproteinasi untuk mengisolasi kitin. Dalam penelitian kali ini, adsorben yang dipilih bukan kitosan, melainkan kitin. Kitin memiliki beberapa keunggulan dibanding kitosan. Proses pembuatan kitin lebih sederhana bila dibandingkan dengan kitosan, dimana hanya melalui proses demineralisasi dan deproteinasi sedangkan kitosan perlu melalui proses deasetilasi. Selain itu, bila ditinjau dari teori asam – basa keras – lunak maka proses adsorpsi oleh kitin akan lebih maksimal. Ion Mg(II) yang merupakan asam keras akan lebih mudah berikatan dengan gugus amida pada kitin yang merupakan basa keras bila dibandingkan dengan gugus amina pada kitosan yang merupakan basa lunak. Interaksi antara ion Mg(II) dengan gugus amida pada kitin akan menghasilkan ikatan elektrostatik yang kuat [7].

Pada adsorpsi ion Mg(II) menggunakan adsorben kitin, yang sering dipelajari adalah dalam proses pengikatannya yang memanfaatkan gugus amida padahal dalam polimer kitin juga kaya akan keberadaan gugus OH. Beberapa upaya untuk meningkatkan kemampuan kitin sebagai adsorben untuk mengikat ion Pb(II) dengan memodifikasi gugus OH melalui reaksi xanthanasi dan fosforilasi. Adsorben kitin yang diperkaya dengan gugus fosfor ini diharapkan akan meningkatkan situs negatifnya dengan demikian juga akan mempermudah untuk terjadinya peningkatan ikatan elektrostatik dengan ion logam. Penggunaan kitin terfosforilasi untuk mengikat logam alkali tanah belum banyak dilaporkan, sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan uji adsorpsi ion Mg(II) menggunakan adsorben kitin terfosforilasi [8].

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu pH, lama kontak, luas permukaan, jenis dan sifat adsorben, sifat dan konsentrasi adsorbat. Pada penelitian kali ini akan diangkat dua parameter, yaitu lama kontak dan konsentrasi adsorbat. Parameter lama kontak, dipergunakan untuk menentukan terjadinya kesetimbangan proses adsorpsi. Sedangkan variasi konsentrasi adsorbat dipergunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi dari adsorben kitin terfosforilasi. Untuk pH digunakan kondisi pH optimum adsorpsi ion Mg(II) menggunakan adsorben kitin hasil penelitian dari Irma, dkk. [9].

METODE PENELITIAN

Preparasi kitin terfosforilasi. Adsorben kitin sebanyak 10 g dicampur dengan 5 g urea dan fosfat (dengan komposisi 2 g asam fosfat dan 3 g natrium bifosfat). Campuran dibiarkan kering angin pada udara terbuka sampai 30 menit setelah itu dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C selama 1 jam. Adsorben yang didapat dicampur dengan 100 mL dimethylformamida dan direaksikan selama 5 jam pada suhu 100°C dalam muffle furnace. Adsorben dipisahkan dengan sentrifugasi untuk menghilangkan pereaksi berlebih.

Penentuan Pengaruh Lama Kontak terhadap Daya Adsorpsi Adsorben Kitin Terfosforilasi terhadap ion Mg(II). Larutan Mg(II) 100 ppm sebanyak 10 mL dimasukkan botol sampel dan diatur menjadi pH 7 dengan penambahan HCl 0,1 M atau NaOH 0,1 M. Setelah itu dimasukkan dalam labu ukur 25 mL dan ditandabatkan dengan akuades pH 7. Larutan ini dimasukkan dalam erlenmeyer 100 mL dan ditambah 0,1 gram adsorben kitin terfosforilasi. Kemudian dilakukan pengocokan menggunakan pengocok elektrik pada kecepatan 125 rpm selama 20 menit lalu disaring menggunakan kertas saring. Filtrat yang dihasilkan dipipet sebanyak 1 mL dan dimasukkan labu ukur 25 mL dan ditambah 1 mL HNO₃ pekat dan 5 tetes larutan lantan lalu ditandabatkan dengan akuades. Larutan dimasukkan ke dalam botol sampel dan diukur

konsentrasi ion Mg(II) sisa dengan spektrofotometer serapan atom.

Perlakuan di atas diulang dengan variasi lama kontak 40, 60, 80, 100, 120, dan 140 menit dan masing – masing variasi dilakukan sebanyak tiga kali (triplo).

Penentuan kapasitas adsorpsi kitin terfosforilasi terhadap ion Mg(II). Larutan Mg(II) 100 ppm sebanyak 10 mL dimasukkan botol sampel dan diatur menjadi pH 7 dengan penambahan HCl 0,1 M atau NaOH 0,1 M. Setelah itu dimasukkan dalam labu ukur 25 mL dan ditandabatkan dengan akuades pH 7. Larutan ini dimasukkan dalam erlenmeyer 100 mL dan ditambah 0,1 gram adsorben kitin terfosforilasi. Kemudian dilakukan pengocokan menggunakan pengocok elektrik pada kecepatan 125 rpm selama 100 menit dengan lama kontak optimum (120 menit) lalu disaring menggunakan kertas saring. Filtrat yang dihasilkan dipipet sebanyak 1 mL dan dimasukkan labu ukur 25 mL dan ditambah 1 mL HNO₃ pekat dan 5 tetes larutan lantan lalu ditandabatkan dengan akuades. Larutan dimasukkan ke dalam botol sampel dan diukur konsentrasi ion Mg(II) sisa dengan spektrofotometer serapan atom.

Perlakuan di atas diulang dengan variasi 10, 25, 50, 75, 125, 150, 175, dan 200 ppm dan masing – masing variasi dilakukan sebanyak tiga kali (triplo).

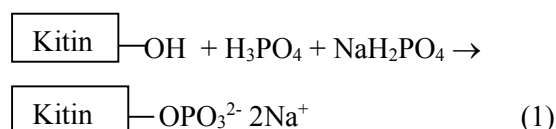
HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi kitin terfosforilasi. Kitin yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil isolasi cangkang bekicot melalui dua tahap reaksi yaitu proses demineralisasi dan deproteinasi. Polimer kitin sebagai komponen utama penyusun cangkang bekicot secara alami mengikat beberapa mineral mayor antara lain kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) serta mengikat senyawaan protein. Untuk menghilangkan mineral dilakukan dengan menambahkan asam klorida (HCl) disebut proses demineralisasi sedangkan untuk menghilangkan senyawa protein dilakukan dengan menambahkan natrium hidroksida

(NaOH) dinamakan proses deproteinasi. Kitin hasil isolasi dari cangkang bekicot dianalisis baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan menentukan derajat deasetilasi berdasarkan pada data spektra IR derajat deasetilasi kitin hasil isolasi diperoleh sebesar : 45,52%. Analisis kualitatif dilakukan dengan melihat gugus-gugus fungsi yang spesifik dalam polimer kitin dan diperbandingkan dengan gugus-gugus fungsi yang didapat dari spektra IR kitin literatur, bila terdapat banyak kesamaan maka dapat disimpulkan bahwa kitin yang telah diisolasi adalah benar. Pemanfaatan kitin sebagai adsorben didasarkan pada sifat kitin sebagai suatu biopolimer dengan gugus aktif berupa gugus amida dan gugus hidroksida yang bertindak sebagai basa Lewis yang dapat mengikat ion logam yang bertindak sebagai asam Lewis. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Irma, dkk menunjukkan bahwa kemampuan kitin dalam mengadsorpsi ion Mg^{2+} tidak terlalu besar, sehingga perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan kemampuan kitin dalam mengadsorpsi ion Mg^{2+} dengan melakukan modifikasi pada permukaan adsorben kitin dengan reaksi fosforilasi. Reaksi fosforilasi merupakan reaksi antara gugus hidroksida (-OH) kitin dengan asam fosfat dan natrium hidrogen fosfat sehingga permukaan kitin akan terfosfatasi. Keberadaan gugus fosfat pada permukaan adsorben kitin, menurut teori asam basa keras lunak akan meningkatkan sifat basa keras dari adsorben kitin. Kitin terfosforilasi dengan gugus aktif fosfat (basa keras) lebih sesuai untuk mengikat ion Mg^{2+} (asam keras) dibandingkan adsorben kitin yang pada proses pengikatannya melibatkan gugus amida (basa

lebih lunak). Karakteristik kitin hasil fosforilasi didasarkan pada spektra IR. Perbandingan data spektra IR kitin literatur, kitin hasil isolasi, dan kitin terfosforilasi disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan Data Gugus-gugus fungsi pada Tabel 1. terlihat adanya banyak kemiripan antara gugus fungsi kitin literatur dan kitin hasil isolasi sehingga dapat disimpulkan bahwa kitin hasil isolasi telah layak disebut sebagai kitin. Dari data pada Tabel 1. juga dapat dilihat adanya perubahan beberapa spektra yang terdapat pada kitin terfosforilasi, dimana pada proses fosforilasi ini mempengaruhi gugus -OH pada kitin yang terlihat tidak munculnya vibrasi ulur -C-O-, sementara untuk gugus amida tetap aktif yang ditandai masih muncul spektra untuk gugus karbonil dan gugus methyl -CH₃ dari amida pada adsorben kitin terfosforilasi. Perbedaan yang nyata antara kitin terfosforilasi dengan kitin adalah munculnya spektra pada bilangan gelombang 1099,35 cm⁻¹ yang diduga sebagai ion fosfat dan spektra pada bilangan gelombang 1272,93 cm⁻¹ dan 1201,57 cm⁻¹ yang diperkirakan sebagai fosfat kovalen. Berdasarkan spektra di atas dapat diduga pada proses fosforilasi terjadi reaksi sebagai berikut :



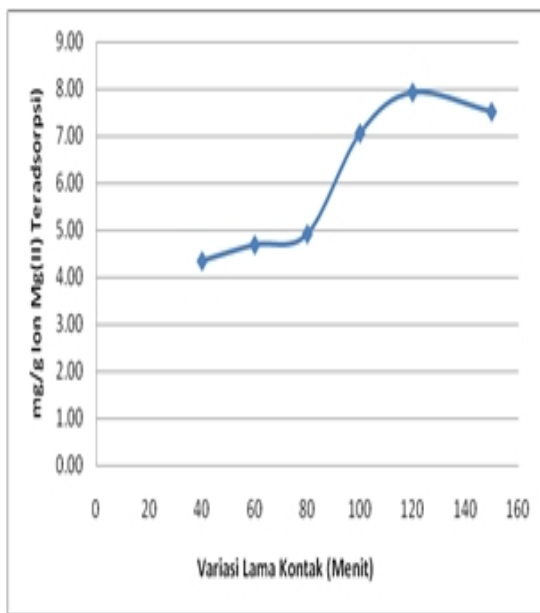
Penentuan Pengaruh Lama Kontak terhadap Daya Adsorpsi Adsorben Kitin Terfosforilasi terhadap ion Mg(II). Lama kontak merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, secara umum dengan semakin bertambahnya lama kontak

Tabel 1. Data Gugus-Gugus Fungsi berdasar Spektra IR dari Kitin Literatur, Kitin Hasil Isolasi, dan Kitin Terfosforilasi.

NO	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			Keterangan
	Kitin Literatur	Kitin Isolasi	Kitin Terfosforilasi	
1	3401	3398,43	3429,20	Vibrasi ulur -OH
2	1082	1083,2	-	Vibrasi ulur -C-O-
3	2921 dan 2853	2918,10 dan 2862,52	-	Vibrasi ulur gugus -CH ₃ dan -CH ₂
4	1483	1473,51	1473,51	Gugus -CH ₃ yang terikat pada amida
5	1788	1787,89	1787,89	Gugus karbonil (-C=O) dari amida
6	-	-	1099,35	Fosfat ion
7	-	-	1272,93 dan 1201,57	Fosfat kovalen

maka akan semakin meningkat jumlah adsorbat yang dapat terserap pada adsorben dan bila lama kontak semakin diperlama maka jumlah adsorbat yang dapat teradsorpsi akan mencapai keadaan keseimbangan dimana laju adsorpsi akan sama dengan laju desorpsi yang ditandai oleh tidak adanya peningkatan jumlah adsorbat yang teradsorpsi. Suatu keadaan dimana penambahan lama waktu kontak tidak mempengaruhi jumlah adsorbat yang teradsorpsi dikatakan sistem sudah berada dalam keseimbangan dan biasanya dirujuk sebagai lama kontak optimum.

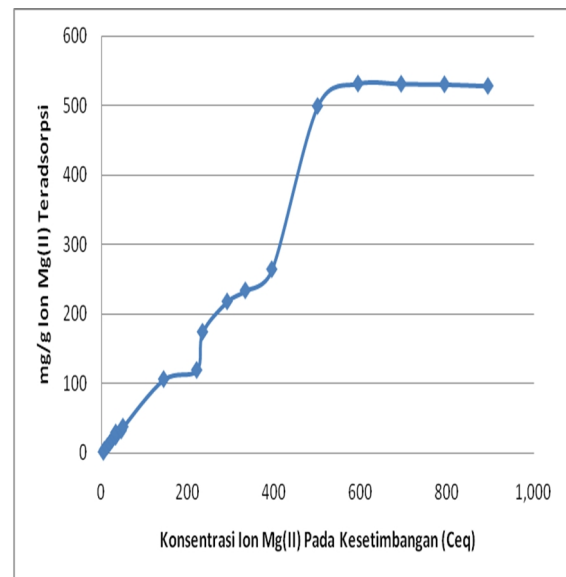
Data lama kontak terhadap daya adsorpsi adsorben kitin terfosforilasi terhadap ion Mg(II) hasil penelitian seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva hubungan variasi lama kontak (menit) terhadap mg/g ion Mg(II) teradsorpsi oleh adsorben kitin terfosforilasi.

Berdasarkan kurva pada Gambar 1. terlihat bahwa lama kontak berpengaruh terhadap prosen Mg(II) yang teradsorpsi oleh adsorben kitin terfosforilasi. Lama kontak yang semakin meningkat dari 20 menit hingga 120 menit mampu meningkatkan prosentase Mg(II) yang teradsorpsi dari 4,35 mg/g menjadi 7,93 mg/g ini menunjukkan bahwa pada lama kontak tersebut belum terjadi keseimbangan

antara laju adsorpsi dan laju desorpsi. Sementara itu bila lama kontak ditingkatkan lebih dari 120 menit terlihat jumlah Mg(II) yang teradsorpsi mengalami penurunan dan sesuai dengan hasil uji statistik terlihat bahwa antara lama kontak 120 menit dan 140 menit terdapat perbedaan nyata dari prosentase Mg(II) teradsorpsi pada taraf keyakinan 95%. Sesuai dengan teori seharusnya setelah terjadi keseimbangan maka harga prosen adsorpsi Mg(II) tidak berbeda nyata, terjadinya perbedaan ini kemungkinan disebabkan sifat dari adsorben kitin terfosforilasi yang merupakan bioadsorben telah mengalami proses pengembangan (*Swelling*) akibat terlalu lama berinteraksi dengan pelarut. Adanya proses pengembangan ini menyebabkan ketidaksetabilan ion Mg(II) yang telah terikat pada adsorben menjadi terlepas kembali sehingga menurunkan prosentase ion Mg(II) yang teradsorpsi.



Gambar 2. Kurva hubungan antara konsentrasi Ion Mg(II) pada kesetimbangan (Eq) dengan mg/g ion Mg(II) teradsorpsi.

Penentuan kapasitas adsorpsi kitin terfosforilasi terhadap ion Mg(II). Penentuan kapasitas adsorpsi kitin terfosforilasi terhadap ion Mg(II) dapat dilakukan dengan melakukan penentuan mg/g ion Mg(II) teradsorpsi pada berbagai variasi konsentrasi. Data hasil penelitian tentang variasi konsentrasi ion

Mg(II) terhadap mg/g ion Mg(II) teradsorpsi disajikan pada Gambar 2.

Dari data pada Gambar 2. terlihat bahwa peningkatan konsentrasi ion Mg(II) diikuti dengan meningkatnya mg/g ion Mg(II) teradsorpsi pada adsorben kitin terfosforilasi sampai pada konsentrasi kesetimbangan 500 ppm peningkatan konsentrasi ion Mg(II) lebih lanjut tidak menambah jumlah mg/g ion Mg(II) teradsorpsi. Harga mg/g Ion Mg(II) teradsorpsi pada kondisi optimum yang sudah tidak memberikan kenaikan lagi tersebut yang merupakan kapasitas adsorpsi dari adsorben kitin terfosforilasi yang terjadi pada lama kontak 120 menit dengan konsentrasi awal 600 ppm yaitu sebesar 499 mg/g. Pada Gambar 2. juga terlihat bahwa kurva hubungan antara konsentrasi Ion Mg (II) pada kesetimbangan (Eq) dengan mg/g ion Mg(II) teradsorpsi menghasilkan kurva tipe L seperti rektanguler hipérbola, hal ini mengindikasikan bahwa proses adsorpsi ion Mg(II) dengan adsorben kitin terfosforilasi mengikuti isotherm Langmuir.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Lama kontak berpengaruh nyata terhadap prosen adsorpsi ion Mg(II) oleh adsorben kitin terfosforilasi dengan lama kontak optimum 120 menit.
2. Kapasitas adsorpsi adsorben Kitin Terfosforilasi yaitu 499 mg/g terjadi pada kondisi lama kontak 120 menit dengan konsentrasi awal 600 ppm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya yang telah memberikan dana DPP/SPP tahun anggaran 2012 untuk melakukan penelitian sesuai dengan kontrak nomor: 14/UN10.9/PG/2012 tanggal 5 Maret 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Said, N.I. (2008), *Teknologi Pengolahan Air Minum "Teori dan Pengalaman Praktis"*, Pusat Teknologi Pengembangan Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumber Daya Alam BPPT, Jakarta.
- [2] Laboratorium Operasi Teknik Kimia (2011), *Penyisihan Kesadahan dengan Metode Penukar Ion*, <http://che.ft-untirta.ac.id/download-center/category/1-operasiteknikkimia?download=14%3Apenyisihan-kesadahan>, Diakses tanggal 13 September 2011.
- [3] Rosetya, M.I. (2009), *Modifikasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Gugus Sulfonat Melalui Senyawa Epoksi untuk Adsorpsi Ion Logam Magnesium dan Besi*, Skripsi, Jurusan Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [4] Bahtiar, A.R. ((2008), *Penurunan Kesadahan Air Menggunakan Serbuk Sekam Padi Perlakuan dengan NaOH*, Skripsi, FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang
- [5] Cahyaningrum, S.E., Agustini, R. dan Herdyastuti, N. (2007), Pemakaian Kitosan Limbah Udang Windu sebagai Matriks Pendukung pada Imobilisasi Papain, *Jurnal Aktakimindo* 2 (2):93-98.
- [6] Apriani, L. (2008), *Seleksi Bakteri*, www.lontar.ui.ac.id/file?file=digital/124100-BIO.004-08.Literatur. Diakses tanggal 04 Juli 2011.
- [7] Rahayu, L. H., dan S. Purnavita (2007), Optimasi Pembuatan Kitosan dari Kitin Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) untuk Adsorben Ion Logam Merkuri, *Reaktor* 11 (1): 45-49.
- [8] Kim, S.H., Song, H., Nisola, G.M., and Ahn, J. (2006), Adsorption of Lead(II) Ion using Surface-Modified Chitins, *J. Ind. Eng. Chem*, Vol 12., No3, (2006) 469-475.
- [9] Irma, C., Darjito, dan Prananto, Y.P. (2012), *Pengaruh Lama Kontak dan pH pada adsorpsi Mg²⁺ menggunakan adsorben kitin dari Limbah Cangkang Keong Mas (*Pomacea canaliculata*)*, Jurusan Kimia FMIPA UB.