

## Komposit Kitosan-Abu Sekam Padi Sebagai Pupuk Lepas lambat Fe<sup>2+</sup> dan Mn<sup>2+</sup>

Roy Klivorth Max Raturoma<sup>1</sup>, Bertha Mangallo<sup>1</sup>, Markus Heryanto Langsa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry, Mathematic and Natural Science Faculty, University of Papua  
Email: [b.mangallo@unipa.ac.id](mailto:b.mangallo@unipa.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi kitosan dari limbah kulit udang, sintesis komposit kitosan-abu sekam padi sebagai pupuk lepas lambat yang mampu melepaskan unsur hara secara *slow release* serta menguji pelepasan ion Fe<sup>2+</sup> dan ion Mn<sup>2+</sup> dari komposit kitosan-abu sekam padi. Metode yang digunakan untuk mengisolasi kitosan meliputi tahap deproteinasi menggunakan NaOH 2,5% , tahap demineralisasi menggunakan HCl 1,5 N, dan tahap deasetilasi menggunakan NaOH 50%. Rendemen kitosan yang dihasilkan dari cangkang udang asal Bintuni adalah 58,63%. Uji pelepasan Fe<sup>2+</sup> dan Mn<sup>2+</sup> dari komposit kitosan-abu sekam padi menunjukkan bahwa pelepasan Fe<sup>2+</sup> dan Mn<sup>2+</sup> dari media tanah terjadi secara bertahap atau secara perlahan, dimana pelepasan ion Fe<sup>2+</sup> lebih cepat terlepas dibandingkan dengan ion Mn<sup>2+</sup> yang disebabkan oleh perbedaan massa atom. Dengan demikian sintesis komposit kitosan-abu sekam padi sebagai pupuk lepas lambat dapat dikatakan mampu melepaskan unsur hara secara perlahan.

Kata kunci : Abu sekam padi, kitosan, Pupuk lepas lambat.

### ABSTRACT

This study aimed to isolate chitosan from leather waste, synthesize chitosan-rice husk ash composite as a slow-release fertilizer capable of unmatched slow release and test Fe<sup>2+</sup> ions and Mn<sup>2+</sup> ions from chitosan-rice husk ash composites. The method used to isolate chitosan includes the deproteination stage using 2.5% NaOH, the demineralization stage using 1.5 N HCl, and the deacetylation stage using 50% NaOH. The yield of chitosan produced from shrimp shells from Bintuni was 58.63%. Fe<sup>2+</sup> and Mn<sup>2+</sup> tests of rice husk ash chitosan composites showed that Fe<sup>2+</sup> and Mn<sup>2+</sup> from soil media occurred gradually or gradually, where Fe<sup>2+</sup> ions were faster than Mn<sup>2+</sup> ions caused by differences in atomic mass. Thus, the synthesis of chitosan-rice husk ash composite as a slow-release fertilizer can be said to be able to release nutrients slowly.

Keywords: Chitosan, rice husk ash, slow release fertilizer

---

## PENDAHULUAN

Udang merupakan biota laut yang bernilai ekonomis tinggi. Udang diekspor dalam bentuk beku sebagai daging yang telah dipisahkan dari kepala, ekor dan kulitnya. Hal ini tentu meninggalkan limbah berupa cangkang udang yang dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan, walaupun sebagian limbah telah di manfaatkan namun jumlah yang dimanfaatkan tersebut tidaklah seberapa jika di bandingkan dengan jumlah limbah yang ada (Taba *et al*, 2010). Cangkang udang masih dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain karena cangkang udang mengandung kitin. Kulit udang memiliki kandungan utama yaitu kitin 15%-25%, protein 25%-40%, dan kalsium karbonat 45%-50% (Agustina *et al*, 2015). Kitin dapat dikonversi menjadi kitosan, suatu amina polisakarida alami yang memiliki banyak kegunaan diantaranya, sebagai penyerap zat warna tekstil, pembuatan kosmetik, agen anti bakteri, dan adsorben logam berat (Sanusi, 2004). Kitosan sangat efektif mengkelat ion-ion logam karena gugus amina pada cincin kitosan dapat digunakan sebagai sisi kelat untuk logam (Karthikeyan *et al*, 2004).

Abu sekam padi digunakan sebagai adsorben karena memiliki kandungan silika yang sangat tinggi mencapai 94,4% (Siswanto dan Ninik, 2011) dan merupakan material berpori yang juga mempunyai gugus aktif yaitu Si-O-Si dan Si-OH (Setyaningtyas *et al*, 2005), Untuk meningkatkan kemampuan adsorben silika, dilakukan modifikasi permukaan silika dengan gugus organik (Hastuti *et al*, 2015). Pupuk merupakan salah satu material yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman

dikarenakan pupuk memiliki nutrisi bagi tanaman yang cukup lengkap, diantaranya nutrisi Fe dan Mn. Namun disisi lain, nutrisi tersebut mudah hilang karena beberapa faktor yang dapat mempengaruhi. Salah satunya adalah faktor pencucian atau penyerapan air ke dalam tanah. Oleh karena itu, perlu dikaji metoda agar kandungan nutrisi yang terdapat didalam pupuk tidak mudah hilang, Salah satu metoda yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan pupuk lepas lambat. Penelitian ini bertujuan untuk Mengisolasi kitosan dari limbah kulit udang, sintesis komposit kitosan-abu sekam padi sebagai pupuk lepas lambat yang mampu melepaskan unsur hara secara slow release, Menguji pelepasan  $Fe^{2+}$  dan  $Mn^{2+}$  dari komposit kitosan-abu sekam padi.

## METODA PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu AAS, Peralatan gelas (Labu alas datar, Gelas kimia, Erlenmeyer, Labu tayar Gelas ukur), Pipet tetes, Pipet Volume Neraca analitik, Oven, Hot plate, *Magnetic stirrer*, Thermometer, dan pH meter. Sedangkan bahan yang digunakan adalah cangkang udang, NaOH, HCl,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $MnSO_4 \cdot HO_2$ , Akuades, Kertas saring, dan sekam padi.

### Isolasi Kitosan Dari Cangkang Udang Persiapan Bahan

Persiapan dimulai dengan mencuci limbah cangkang udang dengan air berulang kali. Cangkang dijemur di bawah sinar matahari sampai benar-benar kering. Cangkang yang sudah kering tersebut kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender elektrik dan diayak menggunakan ayakan berukuran 50 *mesh*. Serbuk cangkang udang yang lolos ayakan kemudian dipanaskan menggunakan oven untuk mengurangi kadar air.

### Tahap Deproteinasi

Proses selanjutnya yaitu menghilangkan protein yang terkandung dalam cangkang udang, penghilangan protein dilakukan dengan cara mereaksikan serbuk cangkang udang dengan NaOH 2,5% (perbandingan 1:6) dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 1 jam. Kemudian dicuci menggunakan akuades hingga pH netral. Setelah netral, kemudian disaring dan residunya dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam.

### Tahap Demineralisasi

Pada proses berikutnya yaitu menghilangkan mineral-mineral seperti kalsium, magnesium dan fosfor yang mungkin terdapat dalam cangkang udang. Proses demineralisasi dilakukan dengan mereaksikan HCl 1,5N pada hasil residu sebelumnya (perbandingan 1:10) pada suhu 70°C selama 1 jam. Setelah itu dicuci dengan menggunakan akuades hingga pH netral, kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam. Hasil dari proses ini terbentuk kitin. Rendamen Kitin yang diperoleh dihitung dengan persamaan berikut :

Rendemen kitin =

$$\frac{\text{berat kitin yang dihasilkan}}{\text{berat residu demineralisasi}} \times 100\%$$

### Deasetilasi Kitin Menjadi Kitosan

Proses deasetilasi dilakukan dengan menggunakan NaOH 50% pada perbandingan 1:15 (b/v) pada suhu 70°C selama 1 jam. Kemudian dicuci dengan akuades hingga pH netral dan di saring, Residu hasil penyaringan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam. Kitosan yang diperoleh kemudian ditimbang untuk menentukan rendamennya.

Rendemen kitosan =

$$\frac{\text{berat kitosan yang dihasilkan}}{\text{berat kitin}} \times 100\%$$

### Sintesis Komposit Kitosan-Abu Sekam Padi

Sebanyak 2 gram kitosan dalam 50 mL asam asetat 2% hingga membentuk gel. Sebanyak 35 gram abu sekam padi didispersi dalam 10 mL aquades hingga diperoleh suspensi abu sekam padi. Setelah itu, gel kitosan dan suspensi abu sekam padi dicampurkan dengan 10 mL FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (0,5M, Fe<sup>2+</sup> 560 mg/L) dan distirer selama 10 menit. Setelah itu campuran yang diperoleh tersebut ditetesi dengan NaOH 1M, hingga diperoleh komposit berbentuk granula. Komposit yang diperoleh kemudian dicuci dengan aquades dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam, Metode yang sama dilakukan untuk logam MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O(0,5M, Mn<sup>2+</sup> 550 mg/L).

### Uji Pelepasan Fe<sup>2+</sup> dan Mn<sup>2+</sup> Dari Tanah Yang Mengandung Pupuk Komposit Kitosan-Abu Sekam Padi

Sebanyak 25 gram pupuk komposit diinkubasi dalam 500 gram tanah selama 24 jam, kemudian dielus dengan aquades sebanyak 500 mL. Pelepasan Fe dan Mn dari komposit diamati pada selang waktu, 1, 6, 12, 24 dan 48 jam. Larutan sampel yang mengandung Fe dan Mn yang diambil pada tiap periode waktu pengamatan dan ditambahkan dengan HNO<sub>3</sub> hingga pH ≤ 2,0. Konsentrasi Fe dan Mn dalam larutan ditentukan dengan menggunakan AAS, Efisiensi pelepasan Fe dan Mn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

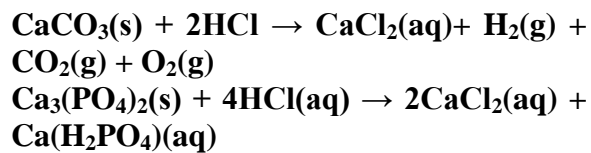
$$\% \text{Pelepasan}$$

Sebagai pembanding digunakan eluen aquades.

### HASIL DAN PEMBAHASAN Isolasi Kitosan Dari Cangkang Udang

Proses isolasi kitosan dari cangkang udang dilakukan menggunakan metoda Hong, (Salami, 1998). Proses ini meliputi 4 tahap, yaitu dimulai dari tahap persiapan bahan, deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Tahap persiapan dimulai dengan mencuci limbah kulit udang kemudian dikeringkan dan dihaluskan menggunakan ayakan 50 mesh. Tahap deproteinasi bertujuan untuk melepaskan atau memutuskan ikatan protein yang terdapat pada kulit udang. Pada reaksi ini larutan agak mengental dan terbentuk sedikit gelembung dipermukaan larutan serta larutan menjadi berwarna kemerahan. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan protein dari dalam kitin yang terlepas dan berikatan dengan ion Na<sup>+</sup> sehingga membentuk natrium proteinat dalam larutan (Edward, 2016). Hasil dari proses deproteinasi ini menghasilkan residu sebanyak 63,45 gram.

Residu hasil deproteinasi selanjutnya didemineralisasi dengan larutan HCl 1,5N, tahap ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan mineral yang terkandung didalam cangkang udang, seperti kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) dan kalsium fosfat (Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) (Utami dan Wiwiek, 2006), Pada reaksi ini terdapat gelembung yang cukup banyak yang berlangsung selama ±5 menit, hal ini disebabkan karena terbentuknya gas-gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dipermukaan larutan. Hasil dari proses demineralisasi ini menghasilkan residu sebanyak 25,72 gram. Hasil dari tahap ini disebut kitin, secara singkat tahap demineralisasi dituliskan sebagai berikut :



Untuk memperoleh kitosan maka dilakukan tahap selanjutnya yaitu tahap deasetilasi. Tahap deasetilasi dilakukan dengan cara mereaksikan kitin dengan NaOH 50%.

Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan atau memutuskan ikatan antara karbon pada gugus asetil (-NHCOCH<sub>3</sub>) dengan nitrogen pada kitin menjadi gugus amina (-NH<sub>2</sub>) dengan menggunakan basa kuat seperti NaOH (Edward, 2016). Hasil dari proses deproteinasi ini menghasilkan kitosan sebanyak 15,08 gram atau rendamen sebesar 58,63%.

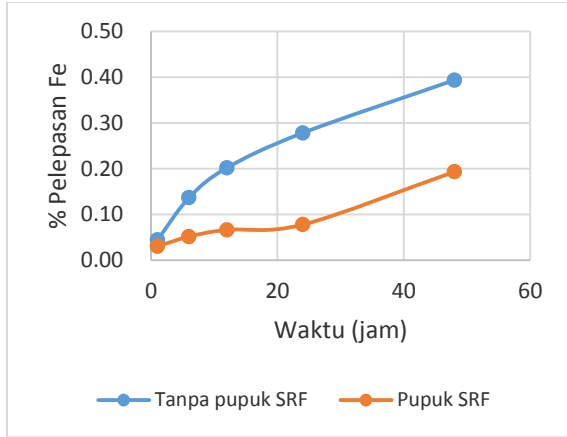
### Pembuatan Pupuk Komposit Kitosan- Abu Sekam Padi

Pupuk komposit kitosan-abu sekam padi dibuat dalam perbandingan kitosan dan abu sekam padi 1 : 17,5 (w/w). Komposit kitosan-abu sekam padi memiliki kemampuan untuk mengikat ion Fe dan Mn, Kitosan mengikat secara koordinasi dan abu sekam padi mengikat melalui mekanisme pertukaran kation. Gugus aktif amina ataupun hidroksida yang terdapat pada komposit kitosan abu sekam padi menyebabkan Fe terdistribusi di seluruh jaringan kitosan. Sedangkan pada abu sekam padi ion Fe dan Mn akan saling bertukar tempat dengan kation dari sisi aktif abu sekam padi dan berinteraksi secara elektrostatis (Rahmayani *et,al*, 2019).

### Persen Pelepasan Fe<sup>2+</sup> dan Mn<sup>2+</sup> Dari Tanah Yang Mengandung Pupuk Komposit Kitosan-Abu Sekam Padi

Tabel 1. Hasil pengujian pelepasan Fe<sup>2+</sup> dari media tanah

Waktu (jam)	% Pelepasan Fe <sup>2+</sup>	
	Tanpa pupuk komposit	Dengan pupuk komposit
1	0.04	0.03
6	0.14	0.05
12	0.20	0.07
24	0.28	0.08
48	0.39	0.19



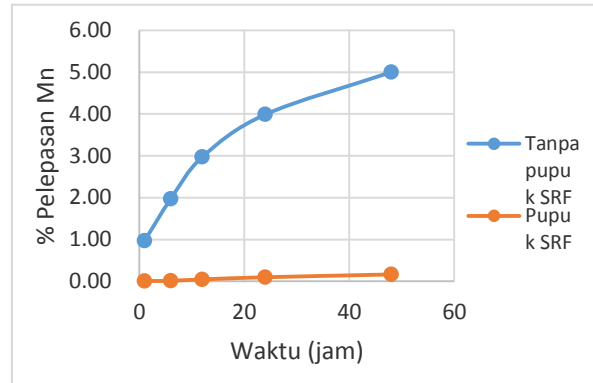
Gambar 1. Kurva uji pelepasan Fe<sup>2+</sup> dari tanah yang mengandung pupuk komposit kitosan-Abu Sekam Padi

Hasil uji pada table 1 dan gambar 1, menunjukkan bahwa pelepasan ion Fe<sup>2+</sup> dari media tanah yang mengandung pupuk komposit dan yang tanpa pupuk komposit selama waktu inkubasi 1, 6, 12, 24 dan 48 jam, memiliki perbedaan nilai % pelepasan Fe<sup>2+</sup>. Pada masa inkubasi 1-24 jam, proses pelepasan Fe<sup>2+</sup> terjadi secara perlahan-lahan oleh pupuk komposit kitosan abu-sekam padi, masing-masing sebesar 0,03, 0,05, 0,07 dan 0,08% dan mengalami peningkatan pada masa inkubasi 48 jam yaitu 0,19.

Hasil pengujian pelepasan Mn<sup>2+</sup> dari media tanah yang mengandung pupuk komposit dan tanpa pupuk komposit disajikan dalam tabel 2 dan gambar 2.

Tabel 2. Perbandingan uji pelepasan Mn<sup>2+</sup> dari media tanah

Waktu (jam)	% Pelepasan Mn <sup>2+</sup>	
	Tanpa pupuk komposit	Dengan pupuk komposit
1	0,97	0,009
6	1,97	0,014
12	2,97	0,047
24	3,99	0,099
48	5,00	0,165



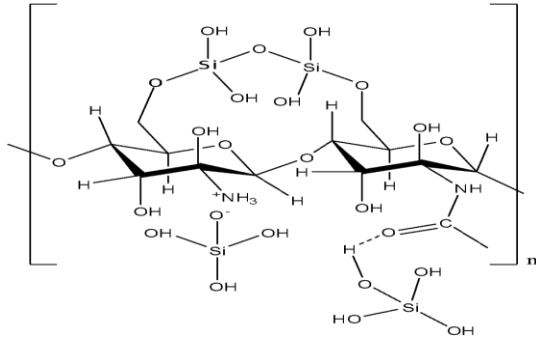
Gambar 2. Kurva uji pelepasan Mn<sup>2+</sup> dari tanah yang mengandung pupuk komposit kitosan-Abu Sekam Padi

Persen pelepasan ion Mn<sup>2+</sup> dari media tanah yang mengandung pupuk komposit adalah 0,009, 0,014, 0,047, 0,099, dan 0,165 %. Pada inkubasi selama 1-6 jam, konsentrasi Mn<sup>2+</sup> yang di lepaskan cenderung konstan yaitu 0,01 % dan meningkat pada masa inkubasi 12-48 jam yaitu 0,05, 0,10, dan 0,17 %. Persen Pelepasan ion Mn<sup>2+</sup> dari media tanah tanpa pupuk komposit adalah 0,97, 1,97, 2,97, 3,99 dan 5,00 (Tabel 4.3 dan gambar 4.8)

Pelepasan ion Mn<sup>2+</sup> dari media tanah yang mengandung pupuk komposit dan yang tanpa pupuk komposit pada masa inkubasi 1-48 jam memiliki perbedaan yang begitu besar. Proses pelepasan ion Mn<sup>2+</sup> dari media tanah yang mengandung pupuk komposit lebih lambat dibandingkan media tanah tanpa pupuk komposit, hal ini dikarenakan terjadinya proses penyerapan ion Mn<sup>2+</sup> oleh pupuk komposit kitosan-abu sekam padi.

Perbedaan profil pelepasan Fe<sup>2+</sup> dan Mn<sup>2+</sup> disebabkan oleh massa atom Mn yang lebih kecil jika dibandingkan dengan massa atom Fe. Hal ini juga berdampak pada kapasitas adsorpsi komposit kitosan-abu sekam padi terhadap Mn<sup>2+</sup> lebih besar jika dibandingkan dengan Fe<sup>2+</sup>, sehingga apabila dibandingkan dengan beberapa penelitian adsorpsi ion Fe<sup>2+</sup> dan Mn<sup>2+</sup> pada beberapa penelitian sebelumnya yaitu terkait material

yang mengandung gugus fungsi Si-OH, Al-OH dan -COOH yaitu silika, gibbsite dan asam humat, yang menunjukkan bahwa afinitas adsorpsi ion  $Fe^{2+}$  lebih besar dari ion  $Mn^{2+}$  (Mangallo *et al.*, 2020; Saeki, 2004).



Gambar 3. Model interaksi kitosan-silika (Budnyak *et al.*, 2015).

### KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mengisolasi kitosan dari limbah kulit udang melalui tiga tahapan, yaitu deproteinasi, dimana proses tersebut merupakan proses penghilangan protein yang terdapat pada kulit udang, demineralisasi merupakan proses penghilangan mineral-mineral yang terkandung dalam kulit udang, dan deasetilasi yaitu proses penghilangan gugus asetil pada kitin. Rendemen kitosan yang dihasilkan dari cangkang udang asal Bintuni adalah 58,63%.

Uji pelepasan  $Fe^{2+}$  dan  $Mn^{2+}$  dari komposit kitosan-abu sekam padi menunjukkan bahwa pelepasan  $Fe^{2+}$  dan  $Mn^{2+}$  terjadi secara bertahap atau secara perlahan, dimana pelepasan ion  $Fe^{2+}$  lebih cepat terlepas dibandingkan dengan ion  $Mn^{2+}$  yang disebabkan oleh perbedaan massa atom. Dengan demikian sintesis komposit kitosan-abu sekam padi sebagai pupuk lepas lambat dapat dikatakan mampu melepaskan unsur hara secara perlahan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., Swantara, D.M.I., & Suartha, N. I., 2015. Isolasi Kitin. Karakterisasi. dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia*, 9(2): 271-278.
- Budnyak, T.M., L.V. Pylypchuk, V.A. Tertykh, E.S. Yanovska, & D. Kolodynska. 2015. Synthesis and Adsorption Properties of Chitosan-Silica Nanocomposite Prepared by Sol-Gel Method. *Nanoscale Research Letters*, 10(87):1-10.
- Mangallo, B., Mallongi, A., Musaad, I., & Taberima, S., 2020. Slow Released Fertilizer of  $Fe^{2+}$  and  $Mn^{2+}$  from Composite Micronutrient Chitosan-Silica. Department Of Chemistry, Faculty Of Mathematic And Natural Science, University Of Papua. *Sys Rev Pharm.*, 11(9):494-498.
- Cui Hao. Wei Wang. Shuyao Wang. Lijuan Zhang 1 & Yunliang Guo., 2017. An Overview of the Protective Effects of Chitosan and Acetylated Chitosan Oligosaccharides against Neuronal Disorders. Ministry of Education, Ocean University of China. *Marine Drugs.*, 15(4): 89.
- Harsono. Heru., 2002. Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi, *Jurnal Ilmu Dasar.*, 2(3): 98-103.
- Hastuti, S. Nuryono. Agus. K., 2015. L-Arginine-Modified Silica for Adsorption of Gold(III). *Indonesian Journal Chemistry.*, 15 (2) : 108-115.
- Houston. D.F., 1972. *Rice, Chemistry, and Technology*, Vol. IV. American Association of Cereal Chemist, Inc., St.Paul, Minnesota.
- Iswari, A.R., 2005. Sintesis Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Asam Klorida. *Skripsi*. Semarang : Jurusan Kimia, FMIPA, UNDIP.
- Karthikeyan, G. Anbalagan, K. Muthulakshmi, N., (2004). Adsorption Dynamics and equilibrium studies of

- Zn(II) onto chitosan. *J. Chem. Sci.*, 116(2): 119–127.
- Khan, T. A., Peh, K. K., and Chyang, H., 2002, Reporting Degree of Deacetylation Values of Chitosan; The Influence of Analytical Methods, *Journal of Pharmaceutical Science, Malaysia*, 5 (3): 205-212
- Kusumawati, N., 2009. Pemanfaatan Limbah Kulit Udang Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran Ultrafiltrasi. *Inotek.*, 13(2): 113-120.
- Mangallo, B. and Sjahrul, m., 2012. Beneficial Effects of Cysteine in Modification of Chitosan in Handling Mercury Waste. *Eur. Chem. Bull.*, 1(9), 350-355.
- Marganov., 2003. Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, dan Tembaga) di Perairan, *Dissertation*, IPB, Bogor.
- Mckay, G. Blair, H.S. dan Hindon, A., 1989. Equilibrium studies for the sorption of metal into Chitosan. *Journal Chemistry.*, vol 28A.
- Prashanth, K.V.H. and Tharanathan, R.N., 2007. Kitin/Kitosan Modifications and Their Unlimited Application Potentia I-An Tolaimate, A., Desbrieres, 1., Rhazi, M., Alagui, Overview, *FoodSci. Tech.* 18:117-13.
- Prayitna, G., 2009. Apa-itu-kitosan-dan-apa manfaatnya <http://gunawanpravitna.wordpress.com/2009/11/21/181-apa-itukitosan-dan-apa-manfaatnval> (diakses 21 Nov, 2013)
- Quian, S. *et al.*, 2000. Studies of adsorption behavior of crosslinked chitosan for Cr(VI) and Se(VI). *Journal Applied Polymer Science.*, Vol 77.
- Rorrer, G.L., & Way, J.D., 1999. Chitosan beads to remove heavy metals from wastewater. Oregon State University.
- Saeki, K. (2004). Adsorption of Fe<sup>2+</sup> and Mn<sup>2+</sup> on Silica, Gibbsite, and Humic Acids. *Soil Science*, 169(12), 832–840.
- Sanusi, M., 2004, Transformasi Kitin dari Hasil Isolasi Limbah Industri Udang Beku Menjadi Kitosan, *Marina Chimica Acta*, 6(2): 28-32.
- Setyaningtyas, Tien, Zufahair, dan Suyata., 2005. Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Kadmium (II) dalam Pelarut Air. *Majalah Kimia Universitas Jenderal Soedirman.*, 31(1): 33-41.
- Setiyono. 2014. Studi Kadar Mangan (Mn) pada Air Sumur Gali di Desa Karangnunggul Kecamatan Karangnunggul Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Kesehatan Komunitas Indonesia*. Vol 10, No.1 Maret 2014.
- Siswanto, B dan Ninik, L., 2011. Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Menjadi Natrium Silikat. *Jurnal Fluida*. 7(1) : 18-22
- Taba, P. Natsir, H. Fauziah, St. dan Ismail, M., 2010. Adsorpsi ion Cd(II) oleh Kitosan-Silika Mesopori Mcm-48, *Marina Chimica Acta.*, 11(1), 13-22.
- Yuliani keti. Ngadiwiyan. Siswoyo, e. amaliah, a.d. wahyuno, y. widianingrum, d., 2015. Pengaruh kombinasi silika dan kitosan berbasis nanoteknologi sebagai bahan dasar pembuatan pupuk nano *slow release* terhadap penyerapan unsur hara oleh tanamandalam meningkatkan hasil pertanian di Indonesia. *Artikel Ilmiah Teknologi Kimia dan Industri*.
- Wiyarsih, A. Priyambodo, E., 2009. Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang Terhadap Efisiensi Penjerapan Logam Berat. *Fakultas Kimia FMIPA UNY*.