



## SINTESIS SILIKA-KITOSAN *BEAD* UNTUK MENURUNKAN KADAR ION Cd(II) DAN Ni(II) DALAM LARUTAN

Seta Kahardian Ardana\*), Eko Budi Susatyo dan Fransisca Widhi Mahatmanti

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Juli 2014  
Disetujui Agustus 2014  
Dipublikasikan November  
2014

Kata kunci:  
silika-kitosan *bead*  
ion logam Cd(II)  
ion logam Ni(II)  
kapasitas adsorpsi

### Abstrak

Telah dilakukan sintesis silika-kitosan *bead* yang digunakan sebagai adsorben untuk mengurangi kadar ion logam Cd(II) dan Ni(II) dalam larutan. Kajian yang dilakukan meliputi optimasi adsorben pada variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi logam. Silika-kitosan *bead* dibuat dengan variasi komposisi silika dan kitosan 2:0; 2:1; 2:2; 1:2; dan 0:2. Metode yang digunakan dalam interaksi adsorben dengan larutan yaitu metode *batch*. Pada penentuan pH optimum diperoleh pH 5 sebagai pH optimum untuk kedua larutan logam. Waktu kontak optimum untuk larutan logam Cd(II) yaitu 60 menit dan untuk larutan logam Ni(II) yaitu 50 menit. Kapasitas adsorpsi untuk logam Cd(II) sebesar  $7,317 \times 10^{-5}$  mol/g pada adsorben dengan komposisi silika-kitosan 1:2 dan logam Ni(II) sebesar  $7,614 \times 10^{-5}$  mol/g pada adsorben dengan komposisi silika-kitosan 1:2.

### Abstract

Have performed the synthesis of silica-chitosan beads were used as an adsorbent to reduce the levels of metal ions Cd (II) and Ni (II) in solution. The study was conducted on the optimization of the adsorbent on the variation of pH, contact time, and the concentration of the metal. Silica-chitosan beads made with silica and chitosan composition variations 2:0; 2:1; 2:2, 1:2, and 0:2. The method used in the solution of the interaction with the adsorbent batch method. In the determination of the optimum pH obtained pH 5 as pH optimum solution for both metal. The optimum contact time for the solution of metals Cd (II) is 60 minutes and for a solution of Ni metal (II) is 50 minutes. Metal adsorption capacity for Cd (II) of  $7.317 \times 10^{-5}$  mol / g of the adsorbent with silica-chitosan composition 1:2 and metal Ni (II) of  $7.614 \times 10^{-5}$  mol / g of the adsorbent with the composition of silica-chitosan 1 : 2.

## Pendahuluan

Berdasarkan penelitian Kalapathy, *et al.* (2000) abu sekam padi mengandung kadar silika cukup tinggi (87-97%). Silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatannya dan aplikasinya sangat luas mulai dari bidang elektronik, mekanik, medis, seni hingga bidang-bidang lainnya. Silika gel merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan dalam proses adsorpsi. Hal ini disebabkan oleh mudahnya silika diproduksi dan sifat permukaannya (struktur geometri pori dan sifat kimia pada permukaan) yang dapat dengan mudah dimodifikasi (Fahmiati, *et al.*; 2006). Kitosan merupakan biopolimer yang didapatkan melalui proses deasetilasi kitin yang mengandung lebih dari 500 unit glukosamin (Rabea; 2003). Menurut Cahyaningrum, *et al.* (2008) kitosan mempunyai kemampuan untuk mengikat ion-ion logam, terutama logam transisi melalui pembentukan ikatan koordinasi. Kemampuan adsorpsi kitosan dihubungkan dengan adanya gugus hidroksi (-OH) dan amina (-NH<sub>2</sub>), serta gugus amida (-NHCOCH<sub>3</sub>) pada kitin yang masing-masing dapat bertindak sebagai ligan jika berinteraksi dengan logam (Cahyaningrum, *et al.*; 2008).

Menurut Sriyanti (2005), amino-silika dapat mengadsorpsi ion logam Ni(II) sebesar 0,106 mol/g adsorben. Berdasarkan penelitian Meriatna (2008), membran kitosan mampu menurunkan kadar logam Ni sebesar 99,13% pada waktu kontak 30 menit dan pada konsentrasi kitosan 2%. Farda dan Maharani (2013) menentukan pH optimum dan kapasitas adsorpsi ion logam Ni(II) oleh komposit kitosan-alumina, nilai pH optimum adsorpsi dihasilkan pada pH 5 dengan daya adsorpsi sebesar 30,275%. Azmiyawati, *et al.* (2005) melakukan modifikasi silika gel untuk mengadsorpsi ion logam Cd(II), didapatkan silika yang mengalami modifikasi lebih cepat dan lebih tinggi dalam mengadsorpsi ion logam Cd(II) daripada silika tanpa modifikasi dengan kapasitas adsorpsi 0,0208 mol/g untuk silika termodifikasi dan 0,0156 mol/g untuk silika tanpa modifikasi. Mahmudah dan Cahyaningrum (2013) melaporkan adsorpsi ion logam Cd(II) oleh kitosan *bead* dan kitosan-silika *bead* mencapai kesetimbangan pada waktu interaksi 75 menit dengan konstanta laju adsorpsi untuk kitosan *bead* sebesar 10801,447 g/mol.min dan kitosan-silika *bead* pada waktu interaksi 45 menit sebesar 3625,625 g/mol.min. Lestari dan Sanova (2011) melaporkan penyerapan logam kadmium dengan menggunakan kitosan

didapatkan efisiensi serapan 57,07%.

## Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, *furnace*, *hot plate stirrer*, AAS *Perkin Elmer AAnalyst100*, FT-IR *Shimadzu 8201 PC*, dan *Shimadzu XRD-7000 X-Ray Diffractometer*. Bahan yang digunakan yaitu sekam padi, kitosan serbuk, akuademin, HCl, NaOH, CH<sub>3</sub>COOH, Cd(NO)<sub>2</sub> dan Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*.

Prosedur kerja yang dilakukan meliputi pembuatan larutan natrium silikat; sintesis silika-kitosan *bead*; tahap optimasi adsorben meliputi optimasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi larutan logam; serta karakterisasi silika-kitosan *bead*. Mula-mula sekam padi dibersihkan dan dicuci dengan air dan dibilas dengan akuades lalu dikeringkan pada dalam oven. Sekam padi bersih dan kering dibakar sampai diperoleh arang sekam yang berwarna hitam kemudian diabukan pada suhu 700°C selama 4 jam dalam furnace (Wogo, *et al.*; 2011)

Sebanyak 20 g abu sekam padi dicuci dengan 150 mL HCl 6 M dan dinetralkan kemudian ditambahkan dengan 158 mL NaOH 4 M, dididihkan sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Setelah mengental, larutan dituangkan ke dalam kurs porselin dan dilebur pada temperatur 500°C selama 30 menit. Setelah dingin ditambahkan 200 mL akuades, dibiarkan semalam, dan disaring (Mujiyanti, *et al.*; 2010). Dibuat juga larutan kitosan dengan melarutkan masing-masing 1 g dan 2 g kitosan serbuk ke dalam 100 mL larutan asam asetat 2% (v/v) kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer (Jeon dan Holl, 2003). Silika-kitosan *bead* dibuat dengan perbandingan komposisi seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi (b/b) pembuatan silika-kitosan *bead*

| Nomor | Silika (g) | Kitosan (g) |
|-------|------------|-------------|
| 1     | 2          | 0           |
| 2     | 2          | 1           |
| 3     | 2          | 2           |
| 4     | 1          | 2           |
| 5     | 0          | 2           |

Larutan natrium silikat dengan kandungan silika seperti pada komposisi di atas dicampur dengan larutan kitosan kemudian diaduk sampai homogen. Selanjutnya larutan ditetaskan ke dalam 500 mL NaOH 0,5 M dengan menggunakan pipet tetes dan diaduk selama 24 jam (Wan Ngah dan Fatinathan, 2008). Larutan silika-kitosan *bead* yang terbentuk didiamkan selama 30 menit kemudian disaring dan

dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Setelah diperoleh silika-kitosan *bead*, selanjutnya dilakukan optimasi pH, waktu, dan konsentrasi adsorben dalam menjerap ion logam Cd(II) dan Ni(II).

Penentuan pH optimum dilakukan dengan cara menginteraksikan 0,1 g silika-kitosan *bead* masing-masing variasi dengan masing-masing 25 mL larutan Cd(II) 5 ppm dan 25 mL larutan Ni(II) 5 ppm dengan waktu 50 menit sambil diaduk. pH larutan dibuat bervariasi antara pH 4-8 (Azmiyati, *et al.*; 2005). Setelah interaksi kemudian larutan disaring dan filtrat yang diperoleh dianalisis dengan AAS.

Pada penentuan waktu kontak optimum, sebanyak 0,1 g silika-kitosan *bead* masing-masing variasi diinteraksikan dengan masing-masing 25 mL larutan Cd(II) 5 ppm dan Ni(II) 5 ppm pada pH optimum sambil diaduk. Waktu yang digunakan yaitu 30, 40, 50, 60, dan 70 menit (Wan Ngah, *et al.*; 2006). Setelah interaksi larutan kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh dianalisis dengan AAS.

Untuk penentuan konsentrasi optimum, sebanyak masing-masing 0,1 g silika-kitosan *bead* berbagai variasi diinteraksikan dengan masing-masing 25 mL larutan Cd(II) dan Ni(II) dengan konsentrasi 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, dan 14 ppm selama waktu optimum dan pH optimum yang telah ditentukan sambil diaduk. Filtrat yang diperoleh diukur dengan AAS untuk menentukan konsentrasi ion logam yang tersisa. Data penentuan konsentrasi optimum dapat digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi dari masing-masing silika-kitosan *bead*.

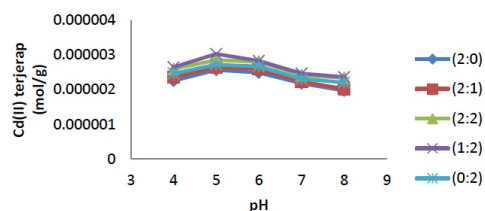
### Hasil dan Pembahasan

Silika memiliki bentuk *amorf* dan kristal, pengabuan pada suhu 700°C akan menghasilkan silika yang bersifat *amorf*. Silika yang berbentuk *amorf* lebih mudah dilebur. Penambahan HCl 6 M akan menurunkan kadar pengotor yang berupa oksida-oksida logam seperti Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, dan CaO dalam abu sekam padi. Penambahan larutan NaOH akan membuat silika dalam abu sekam padi bereaksi dengan NaOH membentuk natrium silikat yang berwarna kuning kecoklatan dengan reaksi :  $\text{SiO}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  (Mujiyanti, *et al.*; 2010)

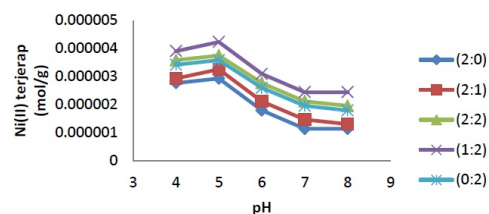
Larutan natrium silikat dicampur dengan larutan kitosan yang sudah dibuat sambil dilakukan pengadukan. Setelah larutan berwarna putih dan mengental. Larutan ditetaskan ke dalam 500 mL NaOH 0,5 M menggunakan

pipet tetes sambil diaduk konstan selama 24 jam kemudian disaring. Filtrat didiamkan dalam suhu kamar sampai mengering kemudian digerus dan diayak 100 *mesh* untuk menyamakan ukuran *bead*. Penggerusan dan pengayakan ini juga bertujuan untuk memperlebar luas permukaan *bead* sehingga penyerapan logam akan lebih optimal.

Setelah diperoleh silika-kitosan *bead*, selanjutnya dilakukan uji penentuan pH, waktu, dan konsentrasi optimum. Pada penentuan pH optimum, dibuat kurva kalibrasi dengan mengukur absorbansi dari larutan logam Cd(II) 0; 1; 2; 3; 4; dan 5 ppm, ditentukan juga kurva kalibrasi dengan mengukur absorbansi dari larutan Ni(II) 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; dan 9 ppm. Setelah dilakukan interaksi dan perhitungan didapatkan data penentuan pH optimum adsorpsi logam Cd(II) dan Ni(II) yang disajikan pada Gambar 1. dan Gambar 2.



**Gambar 1.** Kurva penentuan pH optimum logam Cd(II)

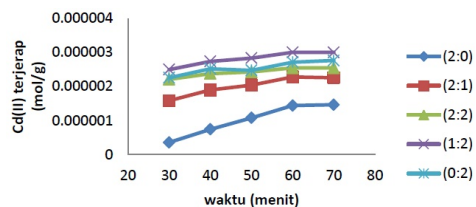


**Gambar 2.** Kurva penentuan pH optimum logam Ni(II)

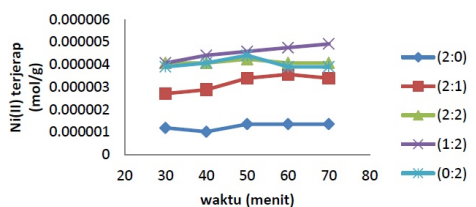
Dari Gambar 1. dan 2. diketahui bahwa pH optimum adsorpsi terjadi pada pH 5. Menurut Sriyanti, *et al.*; (2005) pada pH rendah kemungkinan gugus aktif dalam keadaan terprotonasi (ada kompetisi dengan H<sup>+</sup>) sehingga pada pH 4 terjadi persaingan antara ion logam dengan ion H<sup>+</sup> dalam berikatan dengan gugus aktif yang ada pada adsorben. Sedangkan pada pH 6-8 adsorpsi cenderung menurun dikarenakan ion logam Cd(II) dan Ni(II) mulai mengendap karena Cd(II) dan Ni(II) akan menjadi Cd(OH)<sub>2</sub> dan Ni(OH)<sub>2</sub> pada pH 9 (Sriyanti, *et al.*; 2005).

Setelah didapatkan pH optimum adsorpsi, selanjutnya dilakukan penentuan waktu kontak optimum adsorpsi. Pada penentuan waktu kontak optimum, dibuat kurva kalibrasi dengan

mengukur absorbansi dari larutan logam Cd(II) 0; 1; 2; 3; 4; dan 5 ppm, ditentukan juga kurva kalibrasi dengan mengukur absorbansi dari larutan Ni(II) 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; dan 9 ppm. Setelah dilakukan interaksi dan perhitungan didapatkan data penentuan waktu kontak optimum yang disajikan pada Gambar 3. dan Gambar 4.



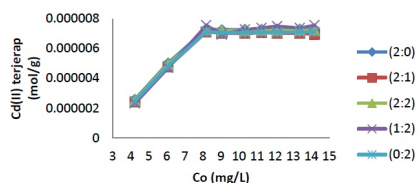
**Gambar 3.** Kurva penentuan waktu kontak optimum logam Cd(II)



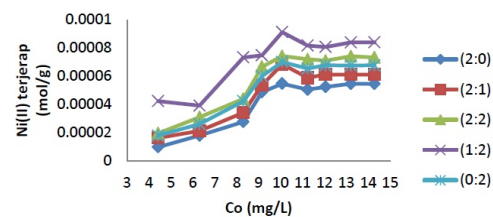
**Gambar 4.** Kurva penentuan waktu kontak optimum logam Ni(II)

Waktu kontak optimum adsorpsi logam Cd(II) selama 60 menit dan untuk logam Ni(II) selama 50 menit. Setelah melewati waktu kontak, adsorpsi akan berhenti dikarenakan situs aktif yang ada pada adsorben telah jenuh oleh ion logam dalam larutan. Berdasarkan penelitian Mahmudah dan Cahyaningrum (2013), saat mencapai kondisi kesetimbangan situs aktif kitosan *bead* dan kitosan-silika *bead* sudah jenuh oleh ion logam Cd(II).

Setelah diperoleh pH dan waktu kontak optimum adsorpsi, selanjutnya dilakukan penentuan konsentrasi optimum adsorpsi. Konsentrasi divariasi dari 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, dan 14 ppm untuk masing-masing larutan logam, dibuat juga kurva kalibrasi dengan mengukur absorbansi dari larutan logam Cd(II) 0; 1; 2; 3; 4; dan 5 ppm, dan dari larutan Ni(II) 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; dan 9 ppm. Setelah dilakukan interaksi dan perhitungan didapatkan data penentuan konsentrasi optimum yang disajikan pada Gambar 5. dan Gambar 6



**Gambar 5.** Kurva penentuan konsentrasi optimum logam Cd(II)



**Gambar 6.** Kurva penentuan konsentrasi optimum logam Ni(II)

Konsentrasi optimum adsorpsi terjadi pada konsentrasi awal larutan 8 ppm untuk logam Cd(II) dan pada konsentrasi awal 10 ppm untuk logam Ni(II). Menurut penelitian Darjito, *et al.*; (2006), kitosan-alumina dapat menyerap Cd(II) pada konsentrasi optimum 75 ppm. Pada konsentrasi di atas 75 ppm adsorpsi Cd(II) konstan karena sudah terpenuhinya gugus aktif pada permukaan adsorben sehingga peluang untuk terjadinya ikatan menjadi kecil (Darjito, *et al.*; 2006).

Setelah diperoleh konsentrasi optimum masing-masing adsorben, maka kapasitas adsorpsi dari masing-masing adsorben dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan *Langmuir* atau persamaan *Freundlich*. Persamaan regresi dan kapasitas adsorpsi dari masing-masing adsorben untuk logam Cd(II) disajikan dalam Tabel 2. Sedangkan persamaan regresi dan kapasitas adsorpsi dari masing-masing adsorben untuk logam Ni(II) disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 2.** Kapasitas adsorpsi logam Cd(II) masing-masing adsorben

| Silika-kitosan <i>bead</i> | Persamaan regresi dari grafik <i>Langmuir</i> | Kapasitas adsorpsi (mol/g) |
|----------------------------|---|----------------------------|
| 2 : 0                      | $y = 13665x + 0,001$                          | $7,3179 \times 10^{-5}$    |
| 2 : 1                      | $y = 14491x - 0,004$                          | $6,9008 \times 10^{-5}$    |
| 2 : 2                      | $y = 13820x + 0,000$                          | $7,2358 \times 10^{-5}$    |
| 1 : 2                      | $y = 12919x + 0,011$                          | $7,7405 \times 10^{-5}$    |
| 0 : 2                      | $y = 14044x + 0,001$                          | $7,1204 \times 10^{-5}$    |

**Tabel 3.** Kapasitas adsorpsi logam Ni(II) masing-masing adsorben

| Silika-kitosan <i>bead</i> | Persamaan regresi dari grafik <i>Freundlich</i> | Kapasitas adsorpsi (mol/g) |
|----------------------------|---|----------------------------|
| 2 : 0                      | $y = 17063x + 0,007$                            | $5,8606 \times 10^{-5}$    |
| 2 : 1                      | $y = 18745x - 0,011$                            | $5,3347 \times 10^{-5}$    |
| 2 : 2                      | $y = 13514x + 0,000$                            | $7,3997 \times 10^{-5}$    |
| 1 : 2                      | $y = 13133x - 0,005$                            | $7,6144 \times 10^{-5}$    |
| 0 : 2                      | $y = 15195x - 0,001$                            | $6,5811 \times 10^{-5}$    |

Dari Tabel 2. dan Tabel 3, kapasitas adsorpsi paling tinggi dimiliki oleh silika-kitosan *bead* 1:2. Berdasarkan penelitian Yunianti dan Maharani (2012), membran kitosan-silika yang paling baik untuk menyerap logam Pb(II) yaitu membran yang memiliki konsentrasi kitosan 3% dengan konsentrasi silika yang sama untuk tiap membran. Berdasarkan hal ini dapat diketahui bahwa yang berperan dalam proses adsorpsi yaitu kitosan yang memiliki gugus aktif amina.

## Simpulan

Telah dilakukan sintesis silika-kitosan *bead* yang digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar ion logam Cd(II) dan Ni(II) dalam larutan. Kajian yang dilakukan meliputi optimasi adsorben pada variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi logam. Silika-kitosan *bead* dibuat dengan variasi komposisi silika dan kitosan 2:0; 2:1; 2:2; 1:2; dan 0:2. Metode yang digunakan dalam interaksi adsorben dengan larutan yaitu metode *batch*. Pada penentuan pH optimum diperoleh pH 5 sebagai pH optimum untuk kedua larutan logam. Waktu kontak optimum untuk larutan logam Cd(II) yaitu 60 menit dan untuk larutan logam Ni(II) yaitu 50 menit. Kapasitas adsorpsi untuk logam Cd(II) sebesar  $7,317 \times 10^{-5}$  mol/g pada adsorben dengan komposisi silika-kitosan 1:2 dan logam Ni(II) sebesar  $7,614 \times 10^{-5}$  mol/g pada adsorben dengan komposisi silika-kitosan 1:2. Sehingga yang berperan dalam proses adsorpsi yaitu kitosan yang memiliki gugus aktif amina yang dapat berperan sebagai ligan dalam membentuk ikatan koordinasi dengan ion logam Cd(II) dan Ni(II).

## Daftar Pustaka

- Azmiyawati, C., Sriyanti dan Taslimah. 2005. *Adsorpsi Ion Logam Berat Cd(II) pada Silika Gel Terenkapsulasi 3-Merkaptopropiltrimetoksisilan*. Tesis. Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Diponegoro
- Cahyaningrum, S.E., Narsito, Santoso, S.J. dan Agustini, R. 2008. Adsorption of Zn(II) Metal Ion on Chitosan Bead from Shell Shrimp (*Penaeus monodon*). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol. 15. No. 2: 90-99
- Darjito, Purwonugroho D. dan Nisa, S.N. 2006. Study On Adsorption Of Cd(II) By Chitosan-Alumina. *Indo. J. Chem.* Vol. 6 (3): 238-244
- Fahmiati, Nuryono dan Narsito. 2006. Termodinamika Adsorpsi Cd(II), Ni(II), dan Mg(II) pada Silika Gel Termodifikasi 3-Merkapto-1,2,4-Triazol. *Indonesian Journal of Chemistry*. 6 (1): 52-55
- Farda, E. dan Maharani, D.K. 2013. Penentuan pH Optimum dan Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Ni(II) oleh Komposit Kitosan-Alumina. *Journal of Chemistry*. Vol. 2. No. 1: 19-23
- Jeon, C. dan Holl, W.H. 2003. Chemical Modification of Chitosan and Equilibrium Study for Mercury Ion Removal. *Water Research*. Vol. 37: 4770-4780
- Kalapathy, U., Proctor, A. dan Shultz, J. 2000. A Simple Method for Production of Pure Silica From Rice Hull Ash. *Bioresource Technology*. 73: 257-262
- Lestari, I. dan Sanova, A. 2011. Penyerapan Logam Berat Kadmium (Cd) menggunakan Kitosan Hasil Transformasi Kitin dari Kulit Udang (*Penaeus sp*). ISSN 0852-8349. Vol. 13. No. 1: 09-14
- Mahmudah, R.A. dan Cahyaningrum, S.E. 2013. Penentuan Konstanta Laju Adsorpsi Ion Logam Cd(II) pada Kitosan Bead dan Kitosan-Silika Bead. *Journal of Chemistry*. Vol. 2. No. 1: 94-99
- Meriatna. 2008. *Penggunaan Membran Kitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr) dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam*. Tesis. Medan: Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara
- Mujiyanti, D.R., Nuryono dan Kunarti, E.S. 2010. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi yang Diimobilisasi dengan 3-(Trimetoksisilil)-1-Propantiol. *Sains dan Terapan Kimia*. Vol. 4. No. 2: 150-167
- Rabea, E.I. 2003. Chitosan as Antimicrobial Agent: Applications And Mode Of Action. *Biomacromolecules*. No 6:1457-1465
- Sriyanti, Azmiyawati C. dan Taslimah. 2005. Adsorpsi Kadmium(II) pada Bahan Hibrida Tiol-Silika dari Abu Sekam Padi. *JSKA*. Vol. VIII. No. 2: 1-12
- Sriyanti, Taslimah, Nuryono dan Narsito. 2005. Sintesis bahan hibrida Amino Silika dari Abu Sekam Padi Melalui Proses Sol-Gel. *JKSA*. Vol. VII. No. 1: 1-10
- Wan Ngah, W.S. dan Fatinathan, S. 2008. Adsorption of Cu(II) Ions in Aqueous Solution Using Chitosan Beads, Chitosan-GLA Beads, and Chitosan-Alginate Beads. *Chemical Engineering Journal*. Vol. 143: 62-72
- Wan Ngah, W.S., Kamari, A. dan Fatinathan, S. 2006. Adsorption of Chromium from Aqueous Solution using Chitosan Beads. *Adsorption*. Vol. 12: 249-257
- Wogo, H.E., Segu, J.O. dan Ola, P.D. 2011. Sintesis Silika Gel Terimobilisasi Dithizon melalui Proses Sol-Gel. *Sains dan Terapan Kimia*. Vol. 5. No. 1: 84-95
- Yunianti S. dan Maharani D.K. 2012. Pemanfaatan Membran Kitosan-Silika Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Pb(II) dalam Larutan. *Journal of Chemistry*. Vol. 1. No. 1: 108-115