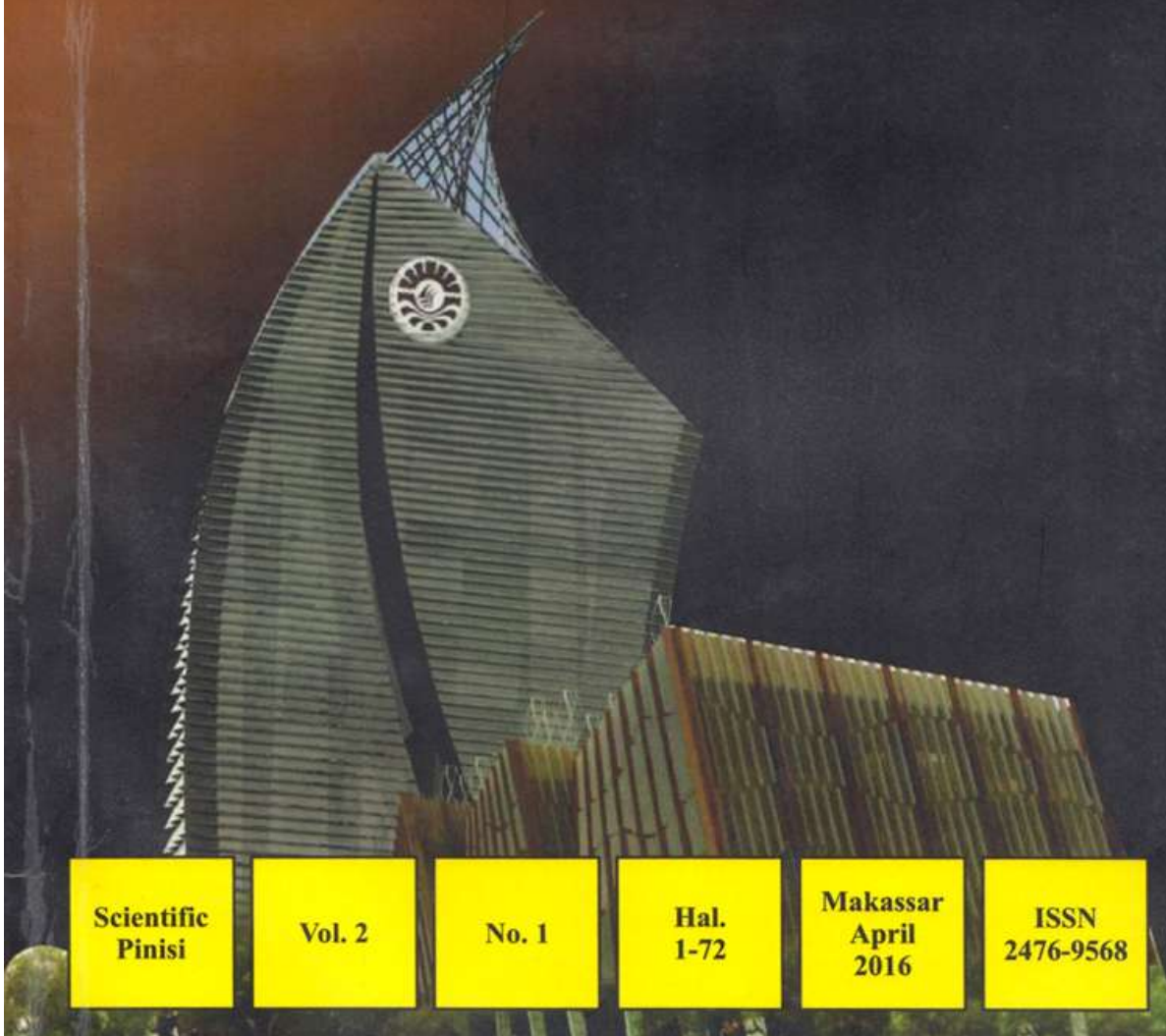


SCIENTIFIC PINISI



**Scientific
Pinisi**

Vol. 2

No. 1

**Hal.
1-72**

**Makassar
April
2016**

**ISSN
2476-9568**

SCIENTIFIC PINISI
ISSN 2476-9568
Volume 2, Nomor 1, April 2016, halaman 1-72

DAFTAR ISI

<i>Adaptasi dan Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan Hutan Mangrove Berbasis Masyarakat di Kecamatan Suppa Kabupaten Pinrang</i> <i>Imal dan Ihsan Irvani Baharuddin, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar</i>	1-7
<i>Perilaku Masyarakat Melestarikan Lingkungan Permukiman di Daerah Aliran Sungai Walanae</i> <i>Fazal Amir, Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar</i>	8-15
<i>Analisis Kualitas Pelayanan Publik Berbasis Importance Performance Analysis (IPA) pada Kecamatan Kota Makassar</i> <i>Hasdar Akib dan Rudi Salam, Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Makassar</i>	16-20
<i>Adaptasi Pewarna Tekstil Menggunakan Adsorben Kitosan Sulfat Bead dari Limbah Kulit Ulang</i> <i>Hasri, Alimin Enre dan Sulfikar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar</i>	21-25
<i>Peran Balai Pemasarakatan Klas I Makassar</i> <i>Heri Tahir, Manan Sailan, dan Ririn Nurfaathirany Heri, Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Makassar</i>	26-31
<i>Low-Temperature Graphene Growth on Copper Foil Catalyst by Chemical Vapour Deposition (CVD) Method</i> <i>Kusman, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tadulako</i>	32-37
<i>Analisis Bifurkasi Hopf pada Model Epidemi SIRS dengan Laju Penularan Nonlinear</i> <i>Mah. Rais Ridwan, Lina Aryati, dan Fajar Adi Kusumo</i> <i>Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada</i>	38-44
<i>Strukturasi Keruangan dalam Tari Tradisional Sulawesi Selatan (Studi Kasus Tari Pakarena)</i> <i>Nurlina Syahrir, Fakultas Seni dan Desain Universitas Negeri Makassar</i>	45-56
<i>Model Epidemik pada Penyebaran Penyakit Campak di Kota Makassar</i> <i>Syafruddin Side, Maya Sari Wahyuni, dan Marfianti, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar</i>	57-64
<i>Studi Pertumbuhan Lamun <i>Enhalus sp</i> dalam Upaya Pengelolaan Pesisir di Pulau Tanakeke</i> <i>Syafruddin Kume, Universitas Muhammadiyah Makassar</i>	65-72

ADSORPSI PEWARNA TEKSTIL MENGGUNAKAN ADSORBEN KITOSAN SULFAT BEAD DARI LIMBAH KULIT UDANG

Hasri, Alimin Enre dan Sulfikar

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar
Jl. Daeng Tata Raya, Kampus UNM Parangtambung, Makasaar
Email: hasriu@mail.ugm.ac.id

Abstract. Textile Dyes Adsorption Adsorbent Using Chitosan Sulfate from Waste Bead Leather Shrimp. Synthesis and preparation of chitosan sulfate from shrimp shell and its application as adsorbent of methyl orange dye and to test their adsorption ability on methyl orange. The synthesis of chitosan and chitosan sulfate beads were characterized using Fourier Transform Infra-Red Spectrophotometer (FTIR). The degree of deacetylation of chitosan was 89%. Optimization of the ability of chitosan sulfate beads on methyl orange was tested using parameters such as wavelength, the effect of variation of pH, interaction time and variation of concentration. The results of the study showed that the synthesis gave results to chitosan sulfate beads with optimally at pH 4, an interaction time of 60 minutes, respectively at a maximum wavelength of 491 nm and the adsorption capacity 18 mol/g, with isotherm Langmuir with $R^2 = 0,995$. That has adsorption ability toward dye substances its amino, sulfate and hydroxyl functional groups.

Abstrak. Adsorpsi Pewarna Tekstil Menggunakan Adsorben Kitosan Sulfat Bead dari Limbah Kulit Udang. Pembuatan dan pemanfaatan kitosan sulfat bead asal limbah udang sebagai adsorben zat warna methyl orange dan diuji kemampuan adsorpsinya terhadap zat warna methyl orange. Karakterisasi kitosan dan kitosan sulfat beads menggunakan *Fourier Transform Infra-Red Spectrophotometer* (FTIR), dengan derajat deasetilasi 89%. Optimasi adsorpsi kitosan sulfat beads terhadap methyl orange digunakan beberapa parameter: panjang gelombang, variasi pH, variasi waktu interaksi dan variasi konsentrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kitosan sulfat beads optimum mengadsorpsi methyl orange pada pH 4, waktu interaksi 60 menit, kapasitas adsorpsi sebesar 18 mol/g dengan panjang gelombang maksimum pada 554,2 nm. Mengikuti persamaan isotherm Langmuir dengan $R^2 = 0,995$. Kemampuan kitosan sulfat beads mengadsorpsi zat warna methyl orange karena memiliki gugus fungsi utama amin-sulfat dan hidroksil.

Kata Kunci: Limbah udang, kitosan sulfat beads, methyl orange, adsorpsi

Kontaminasi limbah zat warna industri tekstil di perairan menjadi meningkat ketika sentra industri khususnya industri kecil maupun menengah mengalami peningkatan yang cukup pesat. Peningkatan aktivitas tersebut berdampak negatif karena akumulasinya yang menyebabkan meningkatnya konsentrasi pencemaran, baik terhadap tanah maupun air khususnya sungai. Kegiatan industri tekstil memegang peranan penting terhadap peningkatan kontaminasi karena umumnya pewarnaan kain/batik hasil pencelupan langsung dibuang ke sungai tanpa melakukan proses pengolahan terlebih dahulu. Penurunan kualitas perairan (sungai) bersumber

dari proses pencelupan, pencucian, pencetakan maupun penyempurnaan. Limbah zat warna menjadi komponen yang paling berperan terhadap hasil pewarnaan kain/batik karena zat warna dalam konsentrasi rendah dapat akan tampak di perairan dan mungkin beracun bagi organisme air. Metode yang telah digunakan dalam mengolah limbah zat warna seperti penggunaan mikroorganisme sebagai degradasi zat warna, degradasi oksidatif dengan ozon (Christie, 2001). Penggunaan bahan alam seperti adsorpsi limbah zat warna tekstil *Celedon Red X5B* menggunakan tanah alofan teraktivasi NaOH (Supriyanto, 2003), limbah

genteng (Triyanto, 2003), adsorpsi *Procion Red* MX 8B menggunakan batang jagung (Rochanah, 2003), adsorpsi *Remazol Yellow* menggunakan eceng gondok teraktivasi NaOH dan kitosan (Aryunani, 2003; Rakhmawati, 2007). Metode adsorpsi menggunakan adsorben terbukti menjadi metode alternatif yang efektif dalam mengurangi limbah zat warna reaktif. Adsorben asal limbah udang menjadi kitosan telah banyak dilakukan seperti adsorpsi zat warna reaktif sekitar 80 – 90 % pada pH 3 – 8 menggunakan kitosan (Sakayawong, 2002). Kapasitas maksimal penyerapan kitosan terhadap zat warna reaktif *black 5* adalah 28,9 mg/g (Kimura, 2001). Namun penggunaan kitosan sulfat bead sebagai adsorben zat warna *Azo Direct*, sejauh ini belum banyak dilakukan.

Penggunaan kulit limbah kulit udang sebagai biopolimer alami yang tidak beracun dan sangat luas diproduksi secara komersial (No dan Mayer., 2000), pendekatan ini mengacu pada proses remediasi sebagai teknologi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan. Situs aktif yang dimiliki adsorben dan sifat dari spesies ion pewarna yang terikat merupakan faktor penting untuk dapat berlangsungnya adsorpsi, sehingga penelitian untuk mensintesis kitosan sulfat beads sebagai adsorben menjadi penting dilaksanakan, sehingga diperoleh adsorben efektif dalam menyerap zat warna tekstil yang bersifat ekonomis, ramah lingkungan serta dapat dijadikan potensi daerah dalam rangka mendukung pembangunan nasional terutama penanggulangan masalah pencemaran pewarna tekstil di lingkungan perairan

METODE

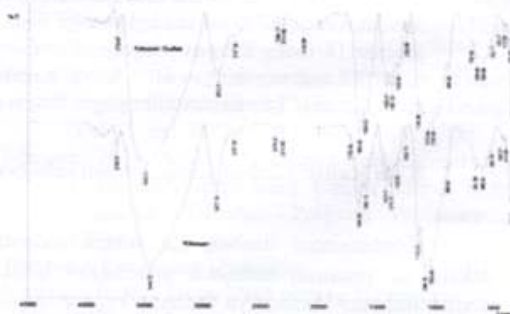
Alat yang digunakan dalam penelitian berupa; Peralatan gelas pyrek, Ayakan dengan ukuran 60 mesh. Stirer Hot Plate dan stirer, Furnace, Neraca analitik, pH meter, Spektroskopi FTIR Shimadzu 8201 PC, Spektroskopi UV-Vis Shimadzu PC 1601, Cawan porselen, Desikator.

Bahan: Limbah udang, Asam asetat p.a. HCl p.a, H₂SO₄ pekat p.a. CH₃COOH. p.a. NaOH p.a. kertas saring biasa dan Whatman 42. (NH₂)SO₄ p.a. zat warna methyl orange, Akuades.

Prosedur Penelitian: Preparasi kitosan menggunakan metode No *et. al.* , 2000 dan

Hasri, dkk., 2010, meliputi deproteinasi, demineralisasi dan deasetilasi. Preparasi kitosan sulfat menggunakan kitosan dengan menambahkan amonium sulfat menggunakan metode Cahyaningrum, SA, 2001.

Tahapan penelitian meliputi Proses Isolasi Kitosan, Pembuatan Kitosan Sulfat beads dan Adsorpsi Larutan Azo methyl Orange. Penentuan kondisi optimum adsorpsi kitosan sulfat bead terhadap larutan Azo methyl Orange menggunakan metode Batch meliputi variasi pH, variasi waktu interaksi dan variasi konsentrasi larutan Azo methyl Orange. Analisis Data: Analisis FTIR kitosan dan kitosan sulfat beads dilakukan pada bilangan gelombang 4000 cm⁻¹ - 400 cm⁻¹. Derajat deasetilasi kitosan dihitung dengan base line yang dikemukakan oleh Domszy dan Roberts serta Baxter *et.al.* Variasi pH dilakukan untuk mengetahui pengaruh keasaman terhadap adsorpsi Azo methyl Orange oleh kitosan sulfat beads. Variasi waktu kontak dilakukan untuk menentukan waktu kontak optimum. Penentuan terjadinya adsorpsi secara fisika atau kimia selain ditentukan dari jenis isoterm adsorpsi yang ditentukan dengan variasi konsentrasi larutan Azo methyl Orange Untuk mengetahui banyaknya zat warna azo methyl orange teradsorpsi per satuan luas atau per satuan berat adsorben pada temperatur tertentu digunakan beberapa model isoterm adsorpsi isoterm Langmuir



Gambar 1. Spektra Kitosan dan Kitosan sulfat beads menggunakan FTIR

HASIL DAN PEMBAHASAN

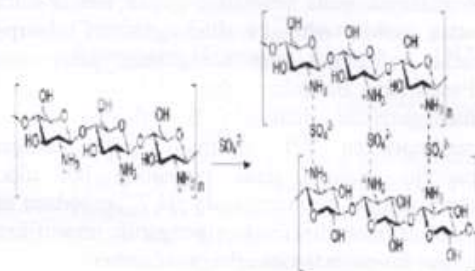
Proses pembuatan kitosan sulfat beads diawali dengan mereaksikan kitosan serbuk dengan amonium sulfat, selanjutnya melarutkan kedalam asam asetat sampai terbentuk gel kitosan sulfat biasa disebut proses *swelling*. Gel

yang terbentuk diteteskan ke dalam larutan alkali hingga terbentuk kitosan sulfat *beads*. *Swelling* dimaksudkan untuk meningkatkan luas permukaan dan untuk meningkatkan porositas kitosan. Penambahan amonium sulfat bertujuan menambah situs aktif kitosan sehingga efektivitas fungsi kitosan sebagai pengadsorpsi zat warna dapat optimal.

Hasil identifikasi spektra FT-IR kitosan menunjukkan adanya gugus -OH (vibrasi ulur) pada bilangan gelombang 3446 cm^{-1} . Serapan pada 1089,78 cm^{-1} dan 1033,85 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus -C-O (vibrasi ulur). Keberadaan gugus -C -H pada bilangan gelombang didaerah 2877-2727 cm^{-1} (vibrasi ulur alkana - CH₃ dan -CH₂-). Gugus CH₃ yang terikat pada amida (-NHCOCH₃) didukung serapan pada bilangan gelombang 14271 cm^{-1} (Silverstein, 1986). Keberadaan serapan 1654 - 1732 cm^{-1} menunjukkan gugus -C=O amida (-NHCOCH₃). Dan NH amida terletak pada bilangan gelombang daerah 1654 - 1595 cm^{-1} (Silverstein, 1986). Hasil derajat deasetilasi (DD) kitin dari hasil perhitungan ditampilkan pada Lampiran dan diperoleh DD sebesar 89%. Derajat deasetilasi menunjukkan banyaknya jumlah gugus amina bebas dalam polisakarida. Nilai DD kitin menunjukkan bahwa bahwa penambahan NaOH telah mampu merubah sebagian kitin menjadi kitosan. Hasil identifikasi spektra kitosan sulfat *bead* menggunakan spektrofotometer FT-IR menunjukkan bahwa telah terjadi pergeseran panjang gelombang yakni serapan pada daerah 3446 cm^{-1} menjadi 3495 cm^{-1} . Ditinjau serapan pada daerah 1595 cm^{-1} untuk kitosan menjadi 1606 cm^{-1} untuk kitosan sulfat yang merupakan terjadinya vibrasi tekuk dari gugus NH₂ (1651,07 cm^{-1} pada kitosan *bead*), hal ini mengindikasikan bahwa gugus amina terprotonasi telah berikatan dengan ion sulfat. Serapan pada panjang gelombang 1070 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur gugus -C-O-.

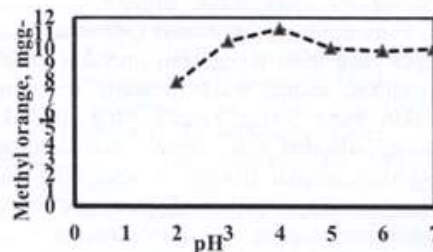
Kitosan serbuk yang diperoleh selanjutnya diubah menjadi bentuk *beads* agar susunan struktur dari kitosan lebih tertata, memperluas ukuran pori (proses *swelling*) diharapkan akan menghasilkan kitosan yang kapasitas adsorpsinya terhadap zat warna meningkat. Proses *swelling* pada kitosan mempengaruhi sifat fisik, mekanik dan ketahanan suhu dari kitosan (Juang, et.al 1997). Mengubah bentuk fisik kitosan dengan cara *swelling* tidak merubah gugus fungsional tetapi diperkirakan merubah porositas

dan tatanan polimerisasi dari kitosan kemudian diikat silangkandeng dengan asam sulfat membentuk kitosan sulfat. Modifikasi ini dengan cara menempelkan anion sulfat (SO₄²⁻) pada gugus aktif kitosan (-NH₃⁺). Perubahan kitosan menjadi kitosan terikat silang asam sulfat pada dasarnya adalah pengikatan elektrostatik anion sulfat pada gugus amini kitosan menjadi NH₃⁺ SO₄²⁻. Menggunakan konsentrasi ammonium sulfat 10 ppm Hal ini dapat menambah kereaktifan gugus aktif pada kitosan untuk dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi dari kitosan (Mahatmanti, 2001)



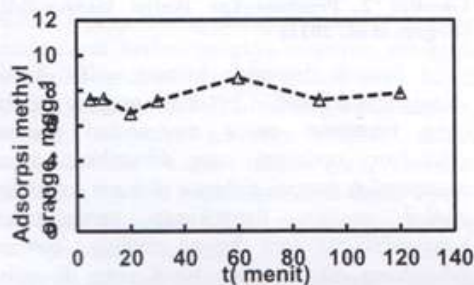
Gambar 2. Pembentukan ikatan kitosan-sulfat (Begum et al., 2011)

Setelah diperoleh kitosan sulfat *beads*, selanjutnya dilakukan optimasi panjang gelombang bertujuan untuk mengetahui panjang gelombang optimum yang dibutuhkan dalam memperoleh serapan terbesar oleh zat warna *azo methyl orange*. Pengukuran menggunakan konsentrasi 50 ppm dengan rentang panjang gelombang 400-900 nm. Hasil yang diperoleh adalah 491 nm. Data hasil optimasi bilangan gelombang maksimum digunakan sebagai dasar untuk melakukan optimasi selanjutnya. Hasil optimasi pH diperoleh pada adsorpsi optimum pada pH 4. Diketahui bahwa Senyawa organik cenderung bersifat basa jika berada dibawah nilai pKa, sehingga bermuatan kationik



Gambar 3. Optimasi pH methyl orange terhadap kitosan sulfat *beads*

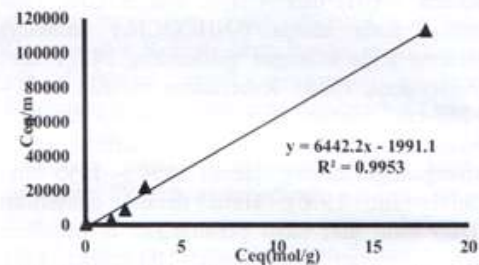
Diketahui bahwa pKa kitosan sebesar 5,5- 6,5, sehingga pada pH dibawah pKa gugus amina terprotonasi menjadi $-NH_3^+$. Gugus reaktif kitosan sulfat, yaitu $NH_3^+OSO_3^{2-}$, yang telah terprotonasi permanen, sehingga pada kondisi pH 4 mengalami kestabilan, sehingga adsorpsi bisa maksimal. Ketika pH dibawa 4 dimungkinkan terjadi kompetisi antara ion H^+ dengan NH_3^+ untuk berikatan dengan gugus sulfat dari zat warna methyl orange, akibatnya konsentrasi zat warna yang terserap sedikit. Demikian pula pada pH diatas 4, jumlah ion H^+ dalam larutan menjadi berkurang, dan berdampak pada protonasi gugus amina-sulfat tidak stabil, sehingga dimungkinkan adsorpsi tidak maksimal dan mengalami penurunan. Penelitian Bhumkar dan Pokharkar, 2006 menggunakan rhodamin B terhadap kitosan memperoleh pH optimum sama dengan peneliti. Namun pada penelitian Ita, dkk., diperoleh pH optimum pada pH 7, perbedaan ini kemungkinan diakibatkan pengaruh modifikasi gugus fungsi material sebagai adsorben.



Gambar 4. Optimasi waktu interaksi methyl orange terhadap kitosan sulfat beads

Optimasi waktu kontak bertujuan untuk mengetahui waktu interaksi optimum kitosan sulfat beads terhadap methyl orange. Indikasi terjadinya adsorpsi maksimum ketika kitosan sulfat beads menyerap methyl orange tertinggi. Peristiwa ini ditunjukkan dengan konstannya nilai konsentrasi methyl orange (adsorbat) dalam sampel yang telah mengalami interaksi melalui pengadukan selama waktu tertentu. Prinsipnya semakin lama waktu kontak yang dilakukan terhadap adsorbat (zat warna) oleh adsorben, maka akan semakin banyak adsorbat yang dapat diadsorpsi oleh adsorben. Waktu kontak merupakan proses yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu interaksi optimum yang diperoleh pada penelitian ini adalah 60 menit, pengaruh waktu terhadap adsorpsi methyl orange

menggunakan kitosan sulfat beads disajikan pada Gambar 4. Secara umum adsorpsi methyl orange pada kitosan sulfat beads mula-mula berlangsung relatif cepat. Pada 10 menit pertama adsorpsi meningkat, penambahan waktu berikutnya ada sedikit peningkatan methyl orange yang teradsorpsi dan setelah 60 menit laju adsorpsi relatif menyurut dan konstan. Pada proses adsorpsi diasumsi telah mencapai kesetimbangan. Berdasarkan grafik diatas dapat diperkirakan bahwa tahap kesetimbangan tercapai setelah adsorpsi berlangsung selama 60 menit dan penambahan waktu interaksi tidak memberikan kenaikan laju adsorpsi yang signifikan.



Gambar 5. Kapasitas adsorpsi methyl orange terhadap kitosan sulfat beads

Optimasi konsentrasi larutan methyl orange dilakukan dengan menginteraksikan adsorben kitosan sulfat beads pada waktu optimum dan pH optimum, namun konsentrasi larutan yang bervariasi, hal ini bertujuan untuk menentukan isoterm adsorpsi methyl orange oleh kitosan sulfat beads. Hubungan antara C_{eq}/m terhadap C_{eq} (mol/g) hasil optimasi mengikuti persamaan Isoterm Langmuir. Grafik persamaan isoterm Langmuir ditunjukkan pada Gambar 5. Harga regresi linear pada persamaan isoterm adsorpsi Langmuir adalah $R^2 = 0,995$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adsorben kitosan sulfat beads mengikuti persamaan isoterm Langmuir sebesar 18 mol/g.

SIMPULAN

Hasil yang diperoleh pada penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kitosan yang diperoleh merupakan proses dari deasetilasi kitin dari limbah udang dengan derajat deasetilasi (DD) 89%..
2. Karakterisasi FTIR kitosan sulfat beads diperoleh gugus fungsi $-OH, NH_2, SO_4^{2-}$

dan sulfat yang terikat optimum pada konsentrasi 50ppm.

3. Kitosan sulfat beads mempunyai panjang gelombang maksimum 491 nm, waktu optimum 60 menit, pH 4 dengan kapasitas adsorpsi 18 mol/g dan mengikuti isotherm Langmuir

DAFTAR PUSTAKA

- Albanis T.A, D.G. Hela, T.M. Sakellarides and T.G. Danis. 2000. Removal of Dyes from Aqueous Solution by Adsorption on Mixtures of Fly Ash and Soil in Batch and Column Techniques, *Global Nest : The Int. J.* vol. 2 no.3 pp 237-244
- Begum, A. Akyisya, Rugmini Radhakrishnan, K. Pre. Nazeer. 2011. Structure- Property Relationship on Sulfuric Acid Crosslinked Chitosan Membranes, *J. Polym.*, Vol. 6, No. 1, 27-38
- Bhumkar DR, & Pokharkar VB., 2006, Studies on Effect of pH on Cross-linking of Chitosan with Sodium Tripolyphosphate: a Technical Note, *AAPS Pharm SciTech*, Vol 7, No. 10, 70250.
- Cahyaningrum, S. E. 2001. *Karakteristik Adsorpsi Ni (II) dan Cd (II) pada Kitosan dan Kitosan Sulfat dari Cangkang Udang Windu (penaus monodon)*, Tesis Pasca Sarjana, UGM, Jogjakarta.
- Chiou M.S, Ho P.Y, Li H.Y. 2003. Adsorption Behaviour of Dye AAVN and RB4 in Acid Solution on Chemically Cross-Linked Chitosan Beads, *J. Chin. Inst. Chem. Engrs.*, Vol 34, No. 6, 625-634.
- Christie, R. M. 2001. *Colour Chemistry*, RSC Paperback, The Royal Society of Chemistry, UK
- Clesceri, L.S., Arnold E.G., Andrew D.E., 1998, *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th edition, APHA, AWWA, WEF, Maryland, p 4.178 – 4.179
- Darjito. 2001. *Karakterisasi Adsorpsi Co(II) dan Cu(II) pada Adsorben itosan Sulfat*, Tesis Program Pasca Sarjana, UGM, Yogyakarta.
- Hunger, K. 2003. *Industrial Dyes : Chemistry, Properties, Applications*, illey – VCH Verlag, GmbH and Co. KgaA, Weinheim.
- Ismorningsih, G. 1978. *Pengantar Kimia Zat Warna*, ITB, Bandung.
- Siswati, Akhmad Sabarudin, Darjito, 2014, *Pembuatan Kitosan Makropori Menggunakan Ethylene Glycol Diglycidyl Ether (Egde) Sebagai Cross-Linker Dan Aplikasinya Terhadap Adsorpsi Methyl Orange*, *Kimia Student Journal*, Universitas Brawijaya, Vol. 1, No. 2, 175-181,
- Juang, R.S., Tseng, R.L., Wu, F.C., Lee, S.H., 1997, Adsorption Behavior of Reactive Dyes from Aqueous Streams onto chitosan, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 70, 391-399.
- Khan T.A, K.K Peh, Hung S.C. 2002. Reporting Degree of Deacetylation Values of Chitosan : the Influence Analytical Methods, *J Pharm Pharmaceut Sci.*
- Kimura Y.I, V.T. Fávère, A.O. Martins, V.A. Spinelli and A. Josué. 2001. Adequacy of Isotherm adsorption of Black 5 Reactive Dye for Crosslink Chitosan microsphere, *Acta Scientiarum Maringá*, v. 23, n. 6, p. 1313 - 1317.
- Mahatmanti, F.W. 2001. *Studi Adsorben Logam seng(II) dan Timbal (II) pada Kitosan dan Kitosan Sulfat dari Cangkang Udang Windu (Penous Monodon)*, Tesis Program Pasca Sarjana, UGM, Yogyakarta.
- No. H, Lee and Meyers S.P. 2000. Corelation Between Physicochemical Characteristic and Binding Capacities on Chitosan Product, *Journal of Food Science*, Vol 65 no 7 1134-1137.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*, Ellis Harwood Limited Publisher. Chicester, John Willey and Sons, New York.
- Pujiastuti, P. 2001. *Kajian Transformasi Kitin Menjadi Kitosan Secara Kimiawidan Enzimatik*, Seminar Nasional Jurusan Kimia, FMIPA, UNS, Surakarta.
- Rasjid D. G.A. Kasoenarno, Astini S, Arifin L. 1976. *Teknologi Pengelantangan, Pencelupan dan Pencapan*, Institut Teknologi Tekstil, Bandung.
- Sakkayawong N, P. Thiravetyan, W. Nakbanpote. 2002. Adsorption Mechanism of Reactive Dye Wastewater by Chitosan, *Journal of Colloid and Interface Science* 286, 36 – 42.
- Sastrohamidjojo, H. 1991. *Spektroskopi*, edisi ke-2, Liberty, Yogyakarta.
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Inframerah*, Liberty, Yogyakarta.
- Seou, S.W. 2003. *Depolymerization and Decolorization of Chitosan by Ozone treatment*, Tesis, Chung-Ang University, Department of Food Science, Korea.
- Shofiyani A, Nuryono, Narsito. 2001. *Pemanfaatan Kitosan sebagai Adsorben untuk Adsorpsi Anion logam Cr(IV) dalam Medium Air*, Seminar Nasional Kimia IX, Yogyakarta