



PENGARUH *CHITOSAN BEADS* DAN *CHITOSAN BEADS* SITRAT SEBAGAI PENURUN KADAR FOSFAT DAN ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*)

Ratna Kurniyati*), Woro Sumarni dan Latifah

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

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

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Pebruari 2015
Disetujui Maret 2015
Dipublikasikan Mei 2015

Kata kunci:
ikat silang
chitosan beads
asam sitrat
fosfat
ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*)

Abstrak

Chitosan beads merupakan salah satu modifikasi dari *chitosan* yang dapat menambah kereaktifan gugus fungsinya. *Chitosan beads* diikat silangkan dengan asam sitrat 0,5% kemudian dikarakterisasi menggunakan uji *swelling* dan FT-IR untuk mengetahui kemampuan dalam menyerap limbah fosfat dan ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*) menggunakan waktu dan pH optimum serta diukur kadarnya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil uji *swelling chitosan beads* lebih kecil dibandingkan persentase *swelling* pada *chitosan beads* terikat silang asam sitrat yaitu sebesar 147,03% dan 194,71% sehingga memiliki kemampuan penyerapan air yang kurang baik untuk adsorpsi atau filtrasi karena berat molekul dan tingkat kerapatan molekulnya lebih besar. Pada hasil penelitian juga menunjukkan bahwa *chitosan beads* ikat silang asam sitrat memiliki kemampuan penyerapan dan tingkat protonasi lebih baik yang ditunjukkan pada penurunan kadar fosfat dan ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*) pada limbah *laundry* sebesar 71,66% dan 79,46%.

Abstract

Chitosan beads is one modification of chitosan to increase the reactivity of the cluster function. Crosslinked chitosan beads bound with 0.5 % citric acid and then characterized using swelling test and FT-IR to determine the ability to absorb phosphate waste and ABS (Alkyl Benzene Sulfonate) and pH optimum use of time and the levels are measured using a spectrophotometer UV-Vis. The test results of swelling of chitosan beads smaller than the percentage of swelling on chitosan beads crosslinked citric acid is equal to 147.03 % and 194.71 % so the water absorption ability unfavorable for adsorption or filtration for molecular weight and molecular levels greater density. In the results of the study also showed that the chitosan beads crosslinked connective citric acid absorption ability and level of protonation better shown in decreased levels of phosphate and ABS (Alkyl Benzene Sulfonate) on laundry waste of 71.66 % and 79.46 %.

Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk dan perkembangan perekonomian yang melaju dengan pesat, mengakibatkan bertambahnya kegiatan dan usaha manusia di Indonesia. Salah satu kegiatan usaha yang bermunculan akibat pertumbuhan perekonomian adalah jasa pencucian pakaian komersial (*laundry*). Dampak lain dari banyaknya jasa pencucian pakaian komersial adalah terjadinya pencemaran air akibat pembuangan air limbah pencucian ke badan sungai.

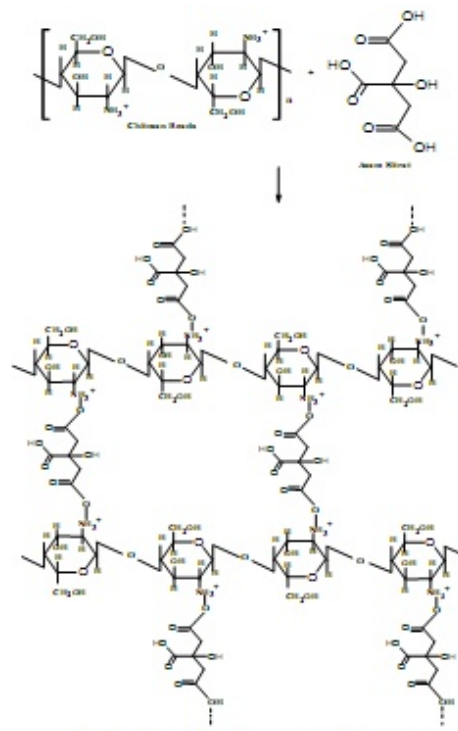
Limbah dapat mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya, karena alasan warna, kandungan bahan kimia organik dan anorganik, keasaman, alkalinitas dan sifat-sifat lainnya. Limbah *laundry* mengandung senyawa aktif *surface active agent* (surfaktan) yang sulit terdegradasi dan berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan, sehingga diperlukan suatu upaya pengolahan limbah tersebut untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Air limbah pencucian yang dibuang oleh usaha pencucian pakaian komersial mengandung deterjen dengan konsentrasi antara 0,2-0,3 g/kg air (Schouten, *et al.*; 2007). Deterjen adalah salah satu bahan pencuci yang sering digunakan, baik dalam industri maupun rumah tangga. Perkembangan industri ini disatu pihak mempunyai dampak positif, yaitu berupa penghasilan dan penyediaan lapangan pekerjaan bagi masyarakat, tetapi juga mempunyai dampak negatif yang ditimbulkan oleh air buangan bekas cucian tersebut.

Chitosan merupakan produk terdeasetilasi dari kitin dan merupakan biopolimer alami kedua terbanyak di alam setelah selulosa yang banyak terdapat pada serangga, crustacea, dan fungi. Produk kitin, *chitosan*, dan turunannya telah diproduksi secara komersil di negara-negara maju, seperti Jepang dan Amerika Serikat, karena banyak diaplikasikan dalam berbagai industri modern, seperti pada bidang farmasi, biokimia, bioteknologi, biokosmetika, biomedika, industri kertas, industri pangan, industri tekstil, dan sebagainya. Pemanfaatan tersebut berdasarkan sifat-sifatnya dapat digunakan sebagai bahan pengemulsi, pengkoagulasi, pengkhelet dan penggumpal.

Chitosan dapat dimodifikasi untuk meningkatkan gugus aktif dan menstabilkan sifat fisiknya, sehingga dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi. Beberapa modifikasi *chitosan* dapat dilakukan dengan pengikatan silang (*crosslinking*) dengan beberapa agen *crosslinker*, seperti glutaraldehyd, sodium tripolipospat, dan agen-agen

pengkhelet lain yang dapat meningkatkan gugus aktif *chitosan*

Selain itu, modifikasi *chitosan* juga dapat dilakukan dengan pembuatan *chitosan beads* yang merupakan hasil penggelembungan terhadap *chitosan*, sehingga mempunyai ukuran pori yang lebih besar dan terjadi perbaikan sifat difusi dan hidrodinamis (Cahyaningrum & Narsito; 2008). *Chitosan beads* juga dapat dimodifikasi lagi dengan melakukan pengikatan silang dengan asam sitrat sehingga apabila ditinjau dari aspek aplikasi akan menguntungkan karena dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dan stabilitas *chitosan*. Reaksi pengikatan silang *chitosan beads* dengan asam sitrat dapat terjadi karena salah satu ujung gugus alkohol pada asam sitrat dapat bereaksi dengan gugus amina *chitosan*. Reaksi pengikatan-silang antara asam sitrat dengan *chitosan beads* dalam suasana asam disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ikatan silang *chitosan beads* sitrat

Pada penelitian ini dibuat *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat. Selanjutnya diinteraksikan pada limbah buatan fosfat dan ABS (*Alkyl Benzene Sulfonate*), serta sampel air limbah *laundry* di sekitar daerah Sekaran, Gunungpati. Air limbah *laundry* di daerah tersebut kemungkinan telah banyak mencemari lingkungan, karena banyak terdapat disekitar pemukiman penduduk dan kebanyakan dibuang begitu saja tanpa adanya pengolahan.

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 10. Tahun 1995, baku mutu limbah cair deterjen untuk parameter fosfat memiliki kadar maksimum 2 ppm dan surfaktan 0,5 ppm. Pada uji fosfat yang telah dilakukan hasil pengujian menunjukkan hasil melebihi ambang batas yang telah ditetapkan, sehingga perlu dilakukan penanganan lebih lanjut agar tidak mencemari lingkungan, sedangkan uji surfaktan ABS pada limbah, masih dibawah ambang batas. Akan tetapi, sifat surfaktan ABS yang sulit terbiodegradasi, apabila tidak ditangani juga akan menumpuk dan mencemari lingkungan, sehingga perlu dilakukan penanganan lebih lanjut

Keberadaan fosfat yang berlebihan di badan air menyebabkan suatu fenomena yang disebut eutrofikasi (pengkayaan nutrisi). Eutrofikasi menyebabkan pertumbuhan lumut dan mikroalga yang berlebih, sehingga air menjadi keruh, tanaman dapat kekurangan oksigen dalam sungai atau kolam, pada malam tanaman tersebut bisa mati dalam keadaan sedang mencerna (*digest*), dan pada siang hari pancaran sinar matahari kedalam air akan berkurang, sehingga proses fotosintesis yang dapat menghasilkan oksigen juga akan berkurang. Upaya untuk mencegah kejadian tersebut, maka air limbah yang akan dibuang harus diolah terlebih dahulu untuk mengurangi kandungan fosfat sampai pada nilai tertentu (baku mutu efluen 2 ppm) (Masduqi; 2004), sedangkan adanya ABS perairan yang terkontaminasi akan dipenuhi oleh busa, menurunkan tegangan permukaan dari air, pemecahan kembali dari gumpalan (*flock*) koloid, pengemulsian lemak dan minyak, pemusnahan bakteri yang berguna, dan penyumbatan pada pori-pori media filtrasi, sehingga perlu adanya pengolahan terlebih dahulu.

Metode Penelitian

Alat yang digunakan adalah neraca analitik (*Ohaus*), pH universal, *shaker* (*Multi Magnet-stir*), *magnetic stirrer*, spektrofotometer Infra Merah (*Shimadzu-8201 PC*), spektrofotometer UV-Vis (*Shimadzu* tipe *UV mini 1240*), *oven*. Bahan yang digunakan adalah *chitosan* dari IPB (Institut Pertanian Bogor), aquades, air limbah *laundry*, ammonium molibdat, asam askorbat *methylene blue*, kloroform, KH_2PO_4 , Na-ABS dengan *grade pro analyst* buatan *Merck* serta asam sitrat teknis.

Chitosan dilarutkan dalam asam asetat 5% (b/v) dengan rasio 1:40 diaduk sampai homogen. Larutan diaduk selama 24 jam sebelum

diteteskan kedalam 500 mL NaOH 2 M, sehingga terbentuk gel kemudian disaring dengan kertas saring. Gel dicuci dengan aquades sampai netral dan dikeringkan menggunakan *oven* pada suhu 60°C selama 24 jam. Kemudian dikarakterisasi menggunakan uji *swelling* dan FT-IR.

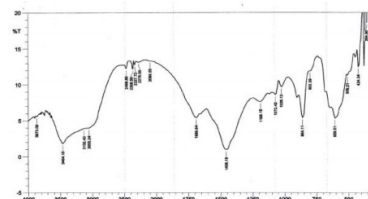
Pembuatan *chitosan* teraktivasi dilakukan dengan cara memasukkan *chitosan beads* ke dalam larutan asam sitrat 0,5% dengan rasio 1,5 mL tiap 1 g *chitosan beads*. Setelah itu, diaduk pada suhu kamar selama 24 jam. *Chitosan* yang telah terikat silang kemudian disaring dan dicuci dengan aquades. *Chitosan* yang telah dicuci dimasukkan dalam aseton selama 24 jam hingga kering. *Chitosan beads* terikat silang asam sitrat kemudian dikarakterisasi menggunakan FT-IR.

Uji *swelling* dilakukan dengan menimbang 0,1 g *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat, masing-masing dilarutkan dalam 100 mL aquades kemudian diaduk selama 24 jam, lalu disaring dan residu yang didapatkan dihitung persentase *swelling*-nya.

Sampel air limbah diambil dari bekas air cucian salah satu usaha *laundry* yang diambil di tiga titik sekitar daerah Sekaran Gunungpati yaitu di gang Setanjung, gang Cempaka, dan gang Jeruk. Untuk mengetahui kandungan fosfat dan ABS sampel terlebih dahulu diuji dengan UV-Vis, sehingga dapat diketahui kadar fosfat dan ABS. Pengukuran analisis kadar fosfat menggunakan Standar Nasional Indonesia, SNI 06-6989.31-2005, sedangkan pengukuran analisis kadar ABS menggunakan SNI 06-6989.51-2005.

Hasil dan Pembahasan

Spektroskopi inframerah sangat berguna untuk analisis kualitatif senyawa organik. Analisis Spektra FT-IR *chitosan beads* ditunjukkan pada Gambar 2.

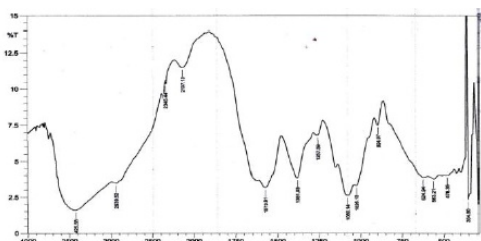


Gambar 2. Spektra FT-IR *chitosan beads*

Berdasarkan Gambar 2. spektrum yang terlihat diantaranya serapan pada bilangan gelombang 3464,15 cm^{-1} yang merupakan bilangan gelombang dari gugus -OH. Serapan pada bilangan gelombang 3055,24 cm^{-1} merupakan C-H dari alkana yaitu menunjukkan vibrasi ulur gugus -CH₂. Serapan pada bilangan gelombang

1458,18 cm^{-1} merupakan serapan C-H dari gugus $-\text{CH}_3$. Serapan pada panjang gelombang 1689,64 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk N-H yang menjadi ciri khas *chitosan* dan menunjukkan adanya gugus amina ($-\text{NH}_2$). Serapan pada bilangan gelombang 1072,42 cm^{-1} dan 1026,13 cm^{-1} merupakan bilangan gelombang dari vibrasi ulur gugus $-\text{C}-\text{O}-$ (Basuki & Gusti; 2009).

Reaksi pengikatan silang antar molekul *chitosan* lebih menguntungkan karena pengikatan silang antar molekul *chitosan* dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dan stabilitas *chitosan* (Nurmasari, *et al.*; 2010). *Chitosan beads* dengan agen pengikat silang asam sitrat dihubungkan dengan cara merendamnya ke dalam larutan asam sitrat. Analisis Spektra FT-IR *chitosan beads* terikat silang asam sitrat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektra FT-IR *chitosan beads* sitrat

Berdasarkan Gambar 3 spektrum yang terlihat diantaranya serapan pada bilangan gelombang 3425,58 cm^{-1} yang merupakan bilangan gelombang dari gugus $-\text{OH}$. Serapan pada bilangan gelombang 2939,52 cm^{-1} merupakan C-H dari alkana yaitu menunjukkan vibrasi ulur gugus $-\text{CH}_2$. Serapan pada bilangan gelombang 1381,03 cm^{-1} merupakan serapan C-H dari gugus $-\text{CH}_3$. Serapan pada bilangan gelombang 1573,91 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk N-H yang menjadi ciri khas *chitosan* dan menunjukkan adanya gugus amina ($-\text{NH}_2$). Serapan pada bilangan gelombang 1080,14 cm^{-1} dan 1026,13 cm^{-1} merupakan bilangan gelombang dari vibrasi ulur gugus $-\text{C}-\text{O}-$. Terdapat sedikit perbedaan antara *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat karena hanya terletak pada perbedaan intensitasnya saja. Pada *chitosan beads* terikat silang asam sitrat memiliki serapan bilangan gelombang yang lebih tajam daripada *chitosan beads*. Hal ini menandakan bahwa preparasi *chitosan beads* terikat silang asam sitrat menghasilkan material yang lebih homogen yaitu terdapat pada bilangan gelombang 3425,58 cm^{-1} yang merupakan gugus O-H dari uap air yang terserap oleh bahan baku *chitosan beads* terikat silang asam sitrat.

Uji *swelling* dilakukan untuk mengetahui

daya ikat *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat terhadap air (sifat hidrofil), sehingga akan mengembang karena masih terdapat rongga (pori) di antara ikatan polimer dan dapat mempengaruhi sifat mekanik polimer tersebut. Hasil uji *swelling* dari *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji *swelling*

No.	Chitosan	Chitosan (M_0) (gram)	Chitosan (M_t) (gram)	% Swelling
1	Beads	0,1010	0,2495	147,0297
2	Beads sitrat	0,1020	0,3006	194,7059

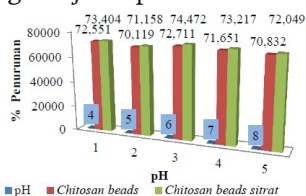
Tabel 1. menunjukkan bahwa persentase *swelling chitosan beads* lebih kecil dibandingkan persentase *swelling* pada *chitosan beads* terikat silang asam sitrat karena *chitosan beads* memiliki berat molekul yang lebih besar dan tingkat kerapatan molekul lebih besar, sehingga air sukar masuk ke dalam struktur *chitosan beads*, sedangkan pada *chitosan beads* terikat silang asam sitrat persentase relatif lebih besar karena berat molekulnya lebih kecil dan tingkat kerapatan molekulnya lebih kecil, sehingga air lebih mudah masuk ke dalam struktur *chitosan beads* terikat silang asam sitrat dan memiliki kemampuan penyerapan air lebih baik sehingga dapat digunakan untuk adsorpsi atau filtrasi.

Hasil dari karakterisasi *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat telah didapatkan, selanjutnya diaplikasikan terhadap larutan fosfat dan ABS pada limbah buatan dan limbah *laundry* dan diukur kadarnya sebelum dan sesudah penginteraksian antara adsorben dengan adsorbat menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 690 nm untuk fosfat dan 652 nm untuk ABS. Pada aplikasi ini terlebih dahulu mencari pH optimum dengan variasi pH 4-8 dengan massa adsorben sebesar 0,1 g dan waktu kontak selama 60 menit dengan volume limbah buatan sebanyak 100 mL. Selanjutnya adalah menentukan waktu optimum dengan variasi waktu antara 30-150 menit dengan volume limbah buatan 100 mL dan massa adsorben 0,1 g pada pH optimum. Setelah itu adalah menginteraksikan 100 mL limbah buatan pada pH dan waktu optimum dengan variasi konsentrasi 10-50 ppm dengan massa adsorben sebesar 0,1 g. Aplikasi selanjutnya yaitu dengan menginteraksikan antara *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat dengan limbah *laundry* pada pH dan waktu optimum. pH dan waktu optimumnya dapat dilihat dengan adanya persentase penurunan pada limbah terhadap masing-masing variasi.

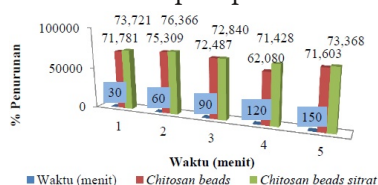
pH mempunyai pengaruh yang sangat besar pada proses adsorpsi, karena pH menentukan tingkat ionisasi larutan. Pada umumnya, adsorpsi bahan organik dari air limbah meningkat seiring dengan menurunnya pH (Culp dan Culp; 1986). Proses adsorpsi pada pH asam biasanya relatif kecil karena pada pH asam gugus fungsional pada *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat mempunyai gugus utama NH_2 yang mengalami proses protonasi sehingga terbentuk NH_3^+ . Kecenderungan NH_2 menjadi NH_3^+ menyebabkan terjadinya proses adsorpsi kation suatu larutan oleh *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat melalui pertukaran ion H^+ yang terjadi secara elektrostatik.

Namun, interaksi secara elektrostatik yang terjadi menghasilkan ikatan yang kurang kuat. Pada pH 6 *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat mencapai kondisi optimum karena gugus NH_2 berada dalam bentuk NH_2 dan $-OH$, sehingga berperan sebagai donor pasangan elektron dan membentuk ikatan kovalen koordinasi yang menghasilkan senyawa kompleks, sedangkan pH diatas 6 limbah yang teradsorpsi cenderung menurun karena pada pH diatas 6 akan mengendap.

Penentuan waktu optimum bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimum antara *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat sebagai adsorben dengan adsorbat. Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontaknya dengan karbon aktif makin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik. Berikut adalah grafik penentuan pH dan waktu optimum pada fosfat yang disajikan pada Gambar 4 dan 5.

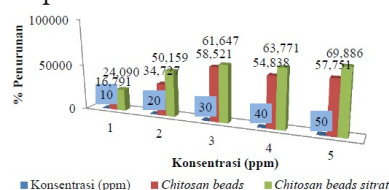


Gambar 4. Penentuan pH optimum fosfat



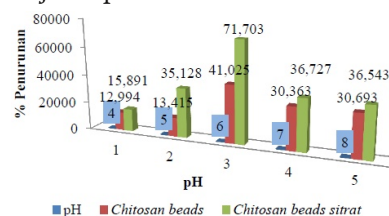
Gambar 5. Penentuan waktu optimum fosfat

Gambar 4. dan 5. menunjukkan bahwa *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat mencapai kondisi optimum pada pH 6 dengan persentase penurunan sebesar 72,71% dan 74,47%, sedangkan waktu kontak mencapai kondisi optimum pada waktu kontak 60 menit dengan persentase penurunan sebesar 75,31% dan 76,37%. Setelah diketahui pH dan waktu optimum, maka diaplikasikan dengan membuat variasi konsentrasi 10-50 ppm untuk mengetahui kapasitas adsorpsi pada *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat dalam menurunkan fosfat. Grafik persentase penurunan kadar fosfat pada pH dan waktu optimum disajikan pada Gambar 6.

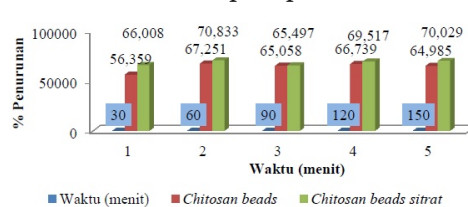


Gambar 6. Interaksi fosfat pada pH dan waktu optimum

Gambar 6. menunjukkan bahwa *chitosan beads* dapat mengadsorpsi fosfat paling banyak pada konsentrasi 30 ppm dengan persentase penurunan fosfat sebesar 58,52%, sedangkan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat dapat mengadsorpsi fosfat paling banyak pada konsentrasi 50 ppm dengan persentase penurunan fosfat sebesar 69,89%. Berikut adalah grafik penentuan pH dan waktu optimum pada ABS yang disajikan pada Gambar 7. dan 8.



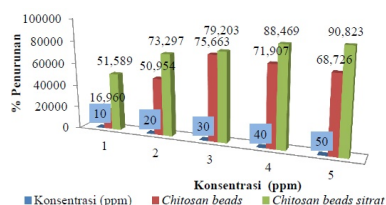
Gambar 7. Penentuan pH optimum ABS



Gambar 8. Penentuan waktu optimum ABS

Gambar 7. dan 8. menunjukkan bahwa *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat mencapai kondisi optimum pada pH 6 dengan persentase penurunan sebesar 41,03% dan 71,70%, sedangkan waktu kontak mencapai kondisi optimum pada waktu 60 menit dengan persentase penurunan sebesar 67,25% dan 70,83%. Setelah diketahui pH dan

waktu optimum, maka diaplikasikan dengan membuat variasi konsentrasi 10-50 ppm untuk mengetahui kapasitas adsorpsi pada *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat dalam menurunkan ABS. Grafik persentase penurunan ABS pada interaksi pH dan waktu optimum disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Interaksi ABS pada pH dan waktu optimum

Gambar 9. menunjukkan bahwa *chitosan beads* dapat mengadsorpsi ABS paling banyak pada konsentrasi 30 ppm dengan persentase penurunan ABS sebesar 75,66%, sedangkan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat dapat mengadsorpsi ABS paling banyak pada konsentrasi 50 ppm dengan persentase penurunan ABS sebesar 90,82%. Adapun banyaknya kadar dan penurunan ABS dari sampel limbah *laundry* pada pH dan waktu optimum yang teradsorpsi oleh *chitosan beads* dan *chitosan beads* terikat silang asam sitrat disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Persentase penurunan kadar ABS

Sampel	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm)		Zat yang teradsorpsi (mg/g)		% Penurunan	
		Beads	Sitrat	Beads	Sitrat	Beads	Sitrat
Gg. Jeruk	6,0507	4,2391	1,2319	1,7866	4,8092	29,9403	79,6404
Gg. Cempaka	4,7464	2,0290	1,3768	2,7147	2,6799	57,2518	70,9928
Gg. Setanjung	3,9855	2,2101	1,1232	1,7701	2,8280	44,5465	71,8178

Simpulan

Chitosan beads terikat silang asam sitrat memiliki kemampuan penyerapan dan tingkat protonasi lebih baik daripada *chitosan beads* yang ditunjukkan pada hasil karakterisasi menggunakan uji *swelling* dan FT-IR, serta penurunan kadar fosfat dan ABS pada limbah *laundry* sebesar 71,66% dan 79,46%, sedangkan *chitosan beads*

hanya mampu menurunkan kadar fosfat dan ABS pada limbah *laundry* paling banyak sebesar 43,56% dan 57,25%.

Daftar Pustaka

- Basuki, B.R. & I Gusti, M.S. 2009. Sintesis Ikatan Silang Kitosan dengan Glutaraldehyd serta Identifikasi Gugus Fungsi dan Derajat Deasetilasinya. *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol. 10 No. 1: 93-101
- Cahyaningrum, S.E. & Narsito, S.S.J. 2008. Adsorpsi Ion Logam Zn (II) pada *Bead Kitosan* dari Cangkang Udang Windu (*Penaeus Monodon*). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol.15. No. 2: 90-99
- Culp, R.L. & Culp, G.L. 1986. *Hand Book of Public Water System*. New York: Mc Graw-Hill
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 10. Tahun 1995. 1995. *Baku Mutu Limbah Cair Deterjen untuk Parameter Fosfat*.
- Masduqi, A. 2004. *Penurunan Senyawa Fosfat dalam Air Limbah Buatan dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Tanah Haloisit*. Surabaya. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS
- Nurmasari, R., Santoso U.T., Umaningrum & Dewi, R. 2010. Immobilisasi Asam Humat pada *Beads Kitosan* dengan Metode Pengikat-Silang Terproteksi dan Aplikasinya sebagai Adsorben Pb (II). *Jurnal*. Vol. 10. (1): 88-95
- Oliveira, B.F. 2004. Spray-dried chitosan microspheres cross-linked with D,L glyceraldehyde as a Potential Drug Delivery system. *Journal*. Vol. B:1166-1173
- Schouten, N., Ham V.D.L.G.J., Euverink, G.J. & Haan, A. 2007. Selection and Evaluation of Adsorben for Removal of Anionic Surfactants from Laundry Rinsing Water. *Journal of Water Research*. 41: 4233- 4241
- Standar Nasional Indonesia, SNI 06-6989.31-2005. 2005. *Metode Pengujian Fosfat sebagai Fosfor*
- Standar Nasional Indonesia, SNI 06-6989.51-2005. 2005. *Metode Pengujian Kadar Surfaktan Anionik dengan Spektrofotometer secara Biru Metilen*