

SINTESIS BEADS KITOSAN TERIKAT-SILANG TRIPOLIFOSFAT DENGAN PENAMBAHAN NaHCO_3 SEBAGAI POROGEN UNTUK ABSORPSI ASAM HUMAT

Synthesis of Tripolyphosphate-Crosslinked Chitosan Beads with NaHCO_3 As A Porogen For Humic Acid Absorption

*Dahlana Ariyani, Jihan Askia, Uripto Trisno Santoso
Program Studi S-1 Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat
Jl. Ahmad Yani Km. 35,8 Banjarbaru 70714 Kalimantan Selatan
*E-mail: dariyani@ulm.ac.id

DOI: 10.20527/jstk.v15i1.9706

Submitted: December 10, 2020; Revised version accepted for publication: December 23, 2020;

Available online: January 21, 2021

ABSTRAK

Sintesis *beads* kitosan terikat-silang tripolifosfat (TPP) untuk absorpsi asam humat dengan penambahan NaHCO_3 sebagai porogen telah dilakukan. Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh konsentrasi TPP dan penambahan porogen terhadap stabilitas dan porositas *beads* kitosan-TPP, selain itu juga ditentukan pH dan waktu kontak optimum untuk menentukan kapasitas absorpsi kitosan-TPP terhadap asam humat. *Beads* kitosan-TPP disintesis dengan meneteskan larutan kitosan 2% (b/v) ke dalam larutan tripolifosfat. *Beads* kitosan-TPP dianalisis stabilitasnya pada berbagai pH dan porositasnya, kemudian dilakukan penentuan kapasitas absorpsinya terhadap asam humat menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan stabilitas paling tinggi pada penambahan TPP dengan konsentrasi 0,75% (b/v), dan penambahan NaHCO_3 berhasil membuat *beads* dengan pori yang lebih besar. Dalam penentuan kapasitas absorpsi asam humat pada *beads* kitosan-TPP dilakukan pada pH dan waktu kontak optimum yaitu pada pH 5 selama 24 jam yang terukur pada λ_{maks} 200 nm dihasilkan absorpsi sebesar 25% atau 4,32 mg/g (asam humat/*beads*) dan pada λ_{maks} 400 nm dihasilkan absorpsi 66,57% atau 11,34 mg/g (asam humat/*beads*).

Kata kunci: Kitosan, tripolifosfat, NaHCO_3 , asam humat, absorpsi.

ABSTRACT

Synthesis of tripolyphosphate-crosslinked chitosan beads with NaHCO_3 as a porogen for humic acid absorption has been done. The aim of this study was to examine the effect of concentration of TPP and the addition of NaHCO_3 as a porogen towards the absorption capacity of tripolyphosphate-crosslinked chitosan beads for humic acid. TPP-crosslinked chitosan beads were synthesized by dripping chitosan solution 2% (b/v) into tripolyphosphate solution. TPP-crosslinked chitosan beads were characterized by their stability, porosity, and humic acid absorption capacity. The results showed that 0.75% TPP have a good stability, and the addition of porogen (NaHCO_3) made TPP-crosslinked chitosan beads have larger pores. The determination of humic acid absorption capacity was carried out at pH 5 for 24 hours where the humic acid concentration was measured at 200 nm, giving a result of 25% absorption, or an absorption capacity of 4.32 mg/g (humic acid/beads). When the humic acid concentration was measured at 400 nm, 66.57% of the humic acid was absorbed, giving an absorption capacity of 11.34 mg/g (humic acid/beads).

Keywords: Chitosan, tripolyphosphate, NaHCO_3 , humic acid, absorption.

PENDAHULUAN

Penyediaan air bersih untuk masyarakat di daerah rawa gambut masih terkendala pada kualitas air yang layak digunakan terutama untuk kehidupan sehari-hari. Menurut Rehansyah *et al.* (2017), secara kuantitas air gambut berpotensi menjadi sumber air untuk dimanfaatkan manusia dalam kebutuhannya sehari-hari, namun secara kualitas tidak layak digunakan untuk aktivitas manusia karena tidak memenuhi persyaratan kualitas air bersih menurut Departemen Kesehatan RI melalui PERMENKES No.416/ MENKES /PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Oleh karena itu, air gambut harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan.

Pada proses pengolahan air minum, bakteri patogen biasanya dihilangkan pada tahap desinfeksi dengan proses klorinasi karena biaya yang murah dan kemampuan membunuh bakteri yang baik. Namun, selama proses desinfeksi, klorin berpotensi bereaksi dengan bahan organik terlarut di dalam air membentuk sejumlah produk samping yang dikenal dengan *disinfection by-products* (DBPs) (Wenhai *et al.*, 2013). Mengingat air gambut banyak mengandung senyawa organik (humat) maka sebelum proses klorinasi diperlukan metode untuk menghilangkan senyawa humat terlebih dahulu.

Salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk menghilangkan senyawa humat adalah metode adsorpsi. Berdasarkan kajian literatur, kitosan memiliki kemampuan paling baik untuk mengadsorpsi asam humat

dibandingkan dengan adsorben lainnya. Namun demikian, penggunaan kitosan tidak dapat diaplikasikan langsung sebagai adsorben asam humat karena kitosan larut pada pH asam. Beberapa peneliti melaporkan bahwa pengikat-silang kitosan dapat mencegah *beads* kitosan larut dalam asam.

Modifikasi kitosan dalam bentuk *beads* terikat-silang dapat dilakukan dengan menambahkan agen pengikat-silang. Beberapa agen pengikat-silang yang sering digunakan dalam proses adsorpsi adalah glutaraldehid dan glioksal. Namun diketahui bahwa kedua agen pengikat-silang tersebut bersifat toksik. Glutaraldehid bersifat neurotoksik dan glioksal bersifat mutagenik (Manja, 2016). Alternatif agen pengikat-silang yang aman bagi lingkungan adalah natrium tripolifosfat (Na-TPP). Tripolifosfat dapat berinteraksi dengan kitosan melalui interaksi elektrostatis membentuk jaringan berikatan-silang ionik, membentuk struktur *beads* yang memiliki kestabilan lebih baik dan waktu yang diperlukan untuk pembentukan *beads* juga lebih singkat (Fwo-Long *et al.*, 1999; Chiou & Li, 2003). Namun demikian, pengikatan-silang *beads* juga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi kitosan terhadap molekul adsorbat karena sebagian besar situs aktif kitosan telah banyak digunakan untuk berikatan dengan agen pengikat-silang (Yulianti, 2017). Oleh karena itu diperlukan cara untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Salah satu caranya adalah dengan penambahan porogen.

Menurut Anggraeni (2014) porogen berfungsi sebagai agen pembuat pori yang

dapat menyediakan gugus aktif pada permukaan adsorben sehingga dapat berinteraksi dengan molekul adsorbat. Menurut Gupta & Shivakumar (2010), natrium bikarbonat merupakan jenis porogen yang baik karena dapat menghasilkan buih pada proses polimerisasi sehingga menghasilkan pori-pori yang besar dan seragam. Semakin besar pori yang terbentuk, maka semakin besar kemungkinan molekul adsorbat yang terserap.

Selain itu, penelitian pendahuluan di laboratorium menunjukkan bahwa buih yang dihasilkan natrium bikarbonat relatif tidak stabil, sehingga dalam penelitian ini digunakan Tween-20 sebagai agen penstabil buih. Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian tentang sintesis *beads* kitosan terikat-silang TPP untuk absorpsi asam humat layak untuk dilakukan. Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh konsentrasi TPP dan penambahan porogen terhadap stabilitas dan porositas *beads* kitosan-TPP, selain itu juga ditentukan pH dan waktu kontak optimum untuk menentukan kapasitas absorpsi kitosan terikat-silang tripolifosfat terhadap asam humat.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik (*Ohaus*), seperangkat alat gelas (*Pyrex*), shaker GKL 3005, pH meter CT Lutron, dan spektrofotometer UV-Vis Gold Spectrum Lab 53 dan Mikroskop Digital Electronic Magnifier.

Bahan-bahan yang digunakan serbuk kitosan, natrium tripolifosfat (*E.Merck*), asam asetat glasial (100%) (*E.Merck*), HCl pekat (37% dan $\rho=1,19$ kg/L (b/v)) (*E.Merck*), NaOH (*E.Merck*), asam humat (*Aldrich*), Tween-20 100%, NaHCO₃, akuades, dan kertas saring Whatman No. 42.

Prosedur Penelitian

Pengaruh konsentrasi TPP terhadap stabilitas *beads* Kitosan-TPP

Sebanyak 5 buah larutan kitosan 2% (b/v) dalam 50 mL asam asetat 5% (v/v) diaduk hingga homogen, ditambahkan 0,5 gram NaHCO₃ dan diaduk kembali selama \pm 30 detik, kemudian ditambahkan 2 mL Tween-20 100% dan diaduk. Larutan kitosan ditambahkan tetes demi tetes ke dalam 100 mL larutan Na-TPP dengan konsentrasi 0,25; 0,50; 0,75 dan 1,00 % (b/v) pada pH 9, kemudian didiamkan selama 14 jam. *Beads* disaring dan dicuci menggunakan akuades hingga pH netral. *Beads* yang dihasilkan dikeringkan dalam oven pada suhu 65°C, masing-masing *beads* kitosan-TPP dengan variasi Na-TPP diuji kelarutannya dalam pH 3, 6, dan 9.

Pengaruh penambahan porogen terhadap pori pada *beads* kitosan-TPP

Sebanyak 2 buah larutan kitosan 2% (b/v) dalam 50 mL asam asetat 5% (v/v) diaduk hingga homogen, kemudian ditambahkan 0 dan 2 g NaHCO₃ dan diaduk kembali selama \pm 30 detik kemudian ditambahkan 2 mL Tween-20 100%. Larutan kitosan tersebut ditambahkan tetes demi tetes

ke dalam 100 mL larutan Na-TPP dengan konsentrasi optimum yang didapatkan, kemudian didiamkan selama 14 jam. *Beads* disaring dan dicuci menggunakan akuades hingga pH netral. Masing-masing *beads* kitosan-TPP dengan variasi jumlah porogen diamati porinya dengan menggunakan mikroskop digital (MD).

Penentuan kapasitas absorpsi *beads* kitosan-TPP terhadap asam humat menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Penentuan pH optimum

Larutan asam humat 100 ppm variasi pH 3, 5, 7, dan 9 disiapkan. Variasi pH dilakukan dengan menambahkan NaOH 0,1 M untuk menaikkan pH larutan dan menambahkan HCl 0,1 M untuk menurunkan pH larutan, kemudian sebanyak 50 ml larutan asam humat variasi pH diambil menggunakan pipet volume 50 ml masing-masing dimasukkan ke dalam 4 buah erlenmeyer. Sebanyak 0,1000 g *beads* kitosan-TPP kering ditimbang menggunakan neraca analitik dan dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer. *Beads* kitosan-TPP dikontakkan dengan larutan asam humat 100 ppm dengan cara digojog selama 2 jam kemudian didiamkan selama 60 menit. Endapan dan filtrat larutan dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42. Masing-masing filtrat diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Penentuan waktu kontak optimum

Larutan asam humat 100 ppm dengan pH optimum disiapkan, kemudian sebanyak 50 ml larutan asam humat 100 ppm diambil

menggunakan pipet volume 50 ml dan dimasukkan ke dalam 5 buah erlenmeyer. Sebanyak 0,10 g *beads* kitosan-TPP kering ditimbang menggunakan neraca analitik dan dimasukkan ke dalam masing-masing erlenmeyer. *Beads* kitosan dikontakkan dengan larutan asam humat 100 ppm dengan cara digojog selama 2 jam, kemudian larutan campuran didiamkan selama 30, 60, 120, 420 menit dan 24 jam. Endapan dan filtrat larutan dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42. Masing-masing filtrat diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

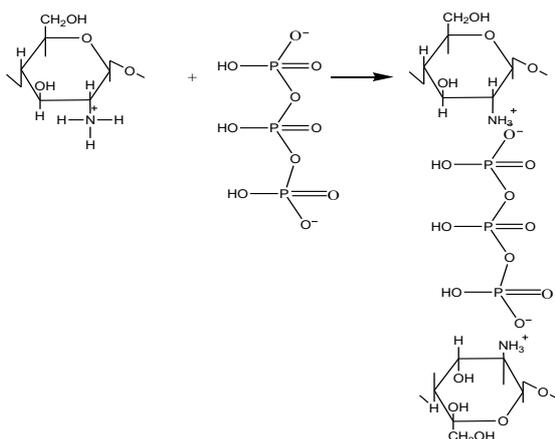
Penentuan kapasitas absorpsi

Larutan asam humat variasi konsentrasi 50, 100, 150, 200, dan 500 ppm dengan pH 5 disiapkan, kemudian sebanyak 50 ml larutan asam humat masing-masing dikontakkan dengan 1,0000 g *beads* kitosan-TPP ke dalam masing-masing erlenmeyer, kemudian digojog selama 2 jam dan didiamkan selama 24 jam. Larutan dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42. Masing-masing filtrat diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode sintesis *beads* kitosan-TPP dilakukan dengan 2 tahap, tahap pertama yaitu pelarutan kitosan. Mula-mula serbuk kitosan dilarutkan ke dalam asam asetat encer, molekul asam asetat kemudian berdifusi melewati matriks polimer kitosan dan membentuk massa mengembang dan tersolvasi membentuk gel, gel tersebut

kemudian dengan cepat akan pecah dan membentuk larutan kental kitosan (Basuki & Sanjaya, 2009). Tahap kedua, larutan kitosan kemudian ditambahkan natrium bikarbonat sebagai porogen dan tween-20 sebagai agen penstabil buih, larutan ini kemudian diteteskan menggunakan *syringe* ke dalam larutan tripolifosfat agar terbentuk *beads*. Menurut Kurniasih *et al.*, (2011), kitosan dapat berinteraksi dengan TPP membentuk kitosan-TPP melalui ikatan intermolekul dan intramolekul dengan reaksi ionik. Ikatan-silang yang terjadi antara kitosan dan TPP dapat dilihat pada Gambar 1.

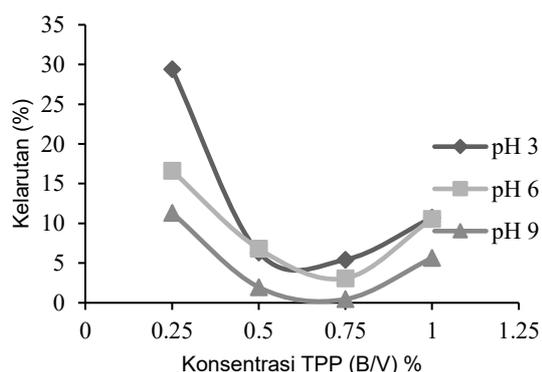


Gambar 1. Reaksi ikat-silang ionik *beads* kitosan-TPP pada pH asam (Bhumkar & Pokhakar, 2003)

Pengaruh konsentrasi TPP terhadap stabilitas *beads* kitosan-TPP

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pH 3 (Gambar 2) *beads* kitosan-TPP cenderung masih memiliki kelarutan yang tinggi dan menurun seiring dengan bertambahnya pH, hal ini sesuai dengan Sugita *et al.*, (2009) yang menyatakan bahwa kitosan larut pada pH asam dan tidak larut pada pH basa.

Berdasarkan konsentrasi TPP yang ditambahkan, hasil penelitian seperti pada Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi TPP yang ditambahkan maka akan semakin stabil pula *beads* kitosan-TPP yang dihasilkan, hal ini ditunjukkan dengan semakin rendahnya persentase kelarutan *beads* kitosan-TPP.



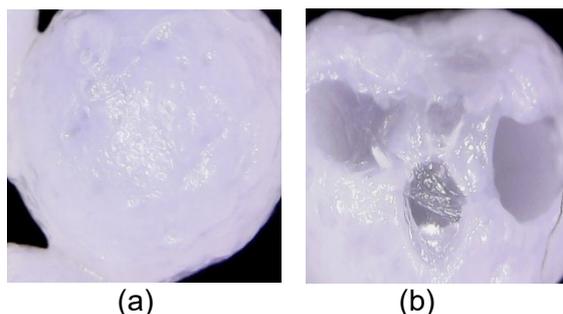
Gambar 2. Grafik hubungan konsentrasi TPP vs persentase kelarutan *beads* kitosan-TPP.

Namun pada konsentrasi TPP 1,00 (%b/v) *beads* kitosan-TPP kembali mengalami penurunan stabilitas yang ditunjukkan dengan meningkatnya persentase kelarutan *beads* kitosan-TPP. Hal ini dapat terjadi karena pada konsentrasi 1,00 (%b/v) *beads* kitosan-TPP telah mencapai titik jenuh, dimungkinkan zat yang terlarut adalah gugus aktif TPP yang tidak berikatan dengan gugus aktif kitosan sehingga menyebabkan persentase kelarutan meningkat.

Pengaruh penambahan NaHCO_3 sebagai porogen terhadap pori pada *beads* kitosan-TPP

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada *beads* kitosan-TPP dengan penambahan NaHCO_3 2 gram memiliki pori

yang lebih besar dibandingkan dengan *beads* kitosan-TPP tanpa penambahan NaHCO_3 . Penambahan NaHCO_3 dalam jumlah besar dapat mengindikasikan jumlah pori yang besar, semakin besar pori yang dihasilkan maka dimungkinkan banyak gugus aktif kitosan yang dapat berikat-silang dengan TPP.



Gambar 3. Foto mikroskop digital (a) *beads* kitosan-TPP tanpa penambahan NaHCO_3 perbesaran 500x dan (b) dengan penambahan NaHCO_3 perbesaran 500x

Penentuan kapasitas absorpsi *beads* kitosan-TPP terhadap asam humat

Penentuan kapasitas absorpsi *beads* kitosan-TPP terhadap asam humat dianalisis menggunakan dua panjang gelombang maksimum pada spektrofotometer UV-Vis. Hal ini dikarenakan pada panjang gelombang 200 nm mewakili untuk larutan asam humat tidak berwarna dan panjang gelombang 400 nm mewakili larutan asam humat yang berwarna. Hasil persen absorpsi yang didapatkan kemudian diplotkan menjadi isoterm Langmuir dan Freundlich. Penentuan model isoterm dilakukan untuk mengetahui proses absorpsi asam humat pada *beads* kitosan-TPP.

Variabel penting pada proses absorpsi adalah pH dan waktu kontak optimum. Penentuan pH optimum dilakukan karena

berpengaruh terhadap muatan dari absorben dan absorbat dalam larutan. Larutan asam humat dibuat menjadi pH 3,5,7 dan 9. Larutan sebelum dan sesudah absorpsi asam humat diukur konsentrasinya dengan spektrofotometer UV-VIS. Hasil penelitian menunjukkan persentase absorpsi yang paling tinggi yaitu pada pH 5. Hal ini sesuai dengan penelitian Yan & Bai (2005) yang menyatakan pH optimum adsorpsi asam humat berkisar pada pH 5-7,5. Hal ini dikarenakan pada kondisi pH rendah, *beads* kitosan-TPP akan banyak mengaktifkan gugus NH_3^+ dan gugus RCOO^- dari asam humat, sehingga memiliki kemungkinan untuk membentuk interaksi elektrostatik, sedangkan pada pH lebih tinggi menunjukkan persen absorpsi yang lebih rendah. Ngah *et al.*, (2003) melaporkan pada pH relatif tinggi gugus $-\text{NH}_3^+$ dari kitosan akan terdeprotonasi menjadi NH_2 dan gugus karboksilat pada asam humat akan terdisosiasi menjadi RCOO^- sehingga terjadi tolakan antara gugus $-\text{NH}_2$ pada kitosan yang terdeprotonasi dengan gugus RCOO^- pada asam humat, atau hanya berikatan secara lemah melalui gaya dipol-ion.

Penentuan waktu kontak absorpsi dilakukan untuk mengetahui waktu kontak optimum yang diperlukan *beads* kitosan-TPP untuk mengabsorpsi asam humat. Waktu kontak dilakukan pada variasi 1, 2, 4, 6, dan 24 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kesetimbangan maksimum absorpsi asam humat oleh *beads* kitosan-TPP tercapai pada waktu kontak 24 jam.

Tabel 1. Data perhitungan kapasitas absorpsi *beads* kitosan-TPP terhadap asam humat dengan metode UV-Vis pada panjang gelombang 200 nm

Konsentrasi AH (ppm)	C _e (ppm)	C _o (ppm)	C _a (ppm)	Persentase absorpsi (%)
50	43,02	51,38	8,36	16,27
100	81,87	99,08	17,21	17,37
150	114,9	149,33	34,43	23,06
200	174,72	204,56	29,84	14,59
500	374,92	502,38	127,46	25,37

Keterangan : C_e = Konsentrasi zat warna pada saat kesetimbangan (ppm)
 C_o = Konsentrasi zat warna mula-mula (ppm)
 C_a = Konsentrasi zat warna yang tersorpsi (ppm)

Tabel 2. Data perhitungan kapasitas absorpsi *beads* kitosan-TPP terhadap asam humat dengan metode UV-Vis pada panjang gelombang 400 nm

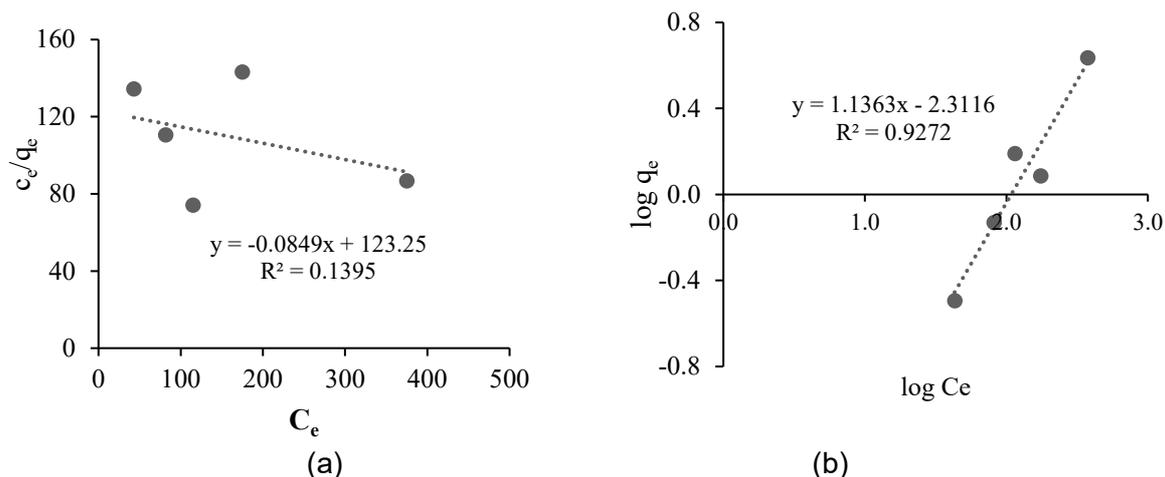
Konsentrasi AH (ppm)	C _e (ppm)	C _o (ppm)	C _a (ppm)	Persentase absorpsi (%)
50	31,36	55,65	24,00	43,13
100	102,26	65,18	37,08	36,26
150	119,49	150,72	31,23	20,72
200	136,22	199,91	63,69	31,86
500	167,23	499,54	332,31	66,52

Penentuan kapasitas absorpsi *beads* kitosan-TPP terhadap asam humat dilakukan dengan variasi konsentrasi asam humat 50, 100, 150, 200, dan 500 ppm dengan pH 5 selama 24 jam dan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis kemudian ditentukan model isotermnya. Penentuan model isoterm dilakukan untuk mengetahui proses absorpsi asam humat pada *beads* kitosan-TPP. Data hasil penelitian disajikan pada Tabel 1 dan 2.

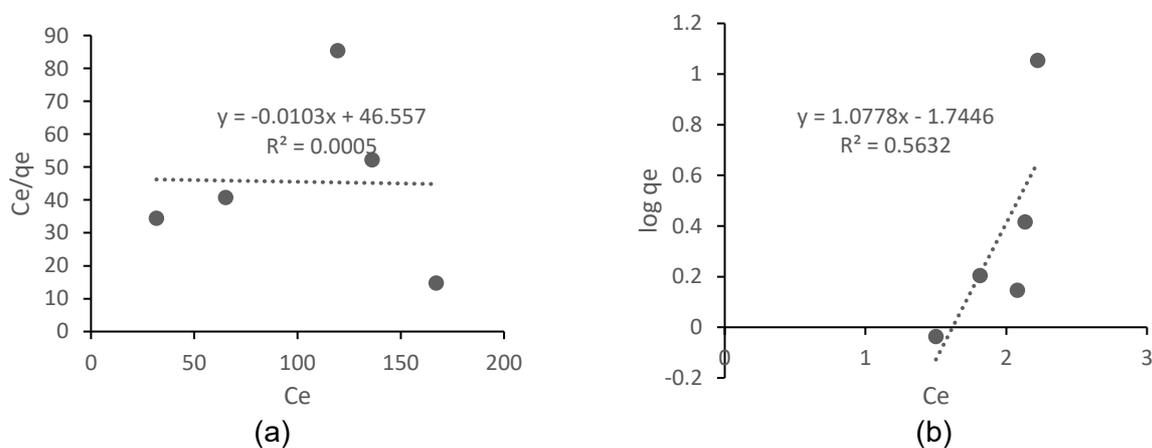
Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi absorpsi optimum asam humat yang diukur pada panjang gelombang 200 nm adalah pada konsentrasi 500 ppm dengan persentase absorpsi sebesar 25,37% atau 4,32 mg asam humat per gram *beads* kitosan-TPP. Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa

konsentrasi absorpsi optimum asam humat yang diukur pada panjang gelombang 400 nm adalah pada konsentrasi 500 ppm dengan persentase absorpsi sebesar 66,52% atau 11,34 mg asam humat per gram *beads* kitosan-TPP. Data absorpsi kemudian diolah menggunakan model isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich untuk menentukan model isotermnya.

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa model isoterm absorpsi asam humat yang diukur pada panjang gelombang 200 nm oleh *beads* kitosan-TPP cenderung mengikuti isoterm Freundlich yang diasumsikan bahwa adsorbat dimungkinkan membentuk banyak lapisan.



Gambar 4. Hasil plot isoterm (a) Langmuir dan (b) Freundlich untuk absorpsi asam humat pada *beads* kitosan-TPP dengan metode UV-Vis pada panjang gelombang 200 nm

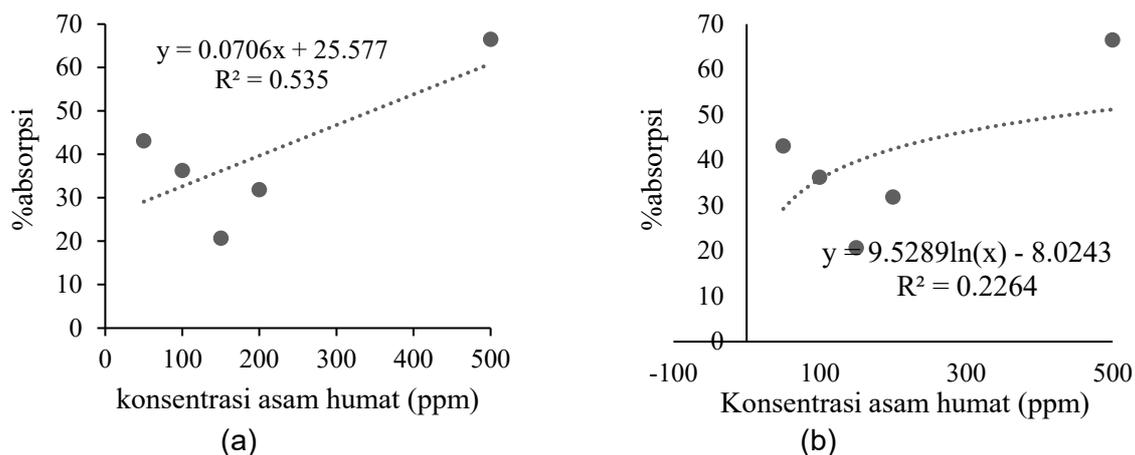


Gambar 5. Hasil plot isoterm (a) Langmuir dan (b) Freundlich untuk absorpsi asam humat pada *beads* kitosan-TPP dengan metode UV-Vis pada panjang gelombang 400 nm

Berdasarkan Gambar 5, absorpsi asam humat pada *beads* kitosan-TPP tidak memenuhi kedua model isoterm baik isoterm Langmuir maupun isoterm Freundlich.

Hal tersebut diduga bahwa reaksi belum mencapai titik kesetimbangan yang artinya dimungkinkan *beads* kitosan-TPP masih mempunyai kemampuan mengabsorpsi asam humat yang lebih banyak. Titik kesetimbangan reaksi asam humat dapat dilihat melalui grafik

konsentrasi asam humat Vs persentase absorpsi yang diuji dengan mengubah grafik menjadi grafik linear dan grafik *logaritmik*, berdasarkan Gambar 6 absorpsi asam humat pada *beads* kitosan-TPP pada panjang gelombang 400 nm lebih cenderung mengikuti grafik linear yang artinya jika konsentrasi ditambahkan maka masih ada kecenderungan *beads* kitosan-TPP untuk mengabsorpsi lebih banyak asam humat.



Gambar 6. Hasil plot grafik (a) Linear dan (b) Logaritmik untuk absorpsi asam humat pada beads kitosan-TPP dengan metode UV-Vis pada panjang gelombang 400 nm

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan uraian di atas dapat disimpulkan penambahan TPP sebagai agen pengikat-silang berpengaruh terhadap kestabilan *beads* kitosan-TPP, semakin besar konsentrasi TPP maka akan semakin stabil *beads* kitosan-TPP namun pada konsentrasi 1,00% akan menurunkan kestabilan *beads* kitosan-TPP, penambahan porogen (NaHCO_3) dalam pembuatan *beads* dapat menghasilkan *beads* dengan pori yang besar. Kapasitas absorpsi asam humat oleh *beads* kitosan-TPP pada kondisi pH 5 selama 24 jam yang dianalisis dengan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 200 nm sebesar 25,37% atau 4,32 mg asam humat per gram *beads* kitosan-TPP dan pada λ_{maks} 400 nm sebesar 66,57% atau 11,34 mg asam humat per gram *beads* kitosan-TPP.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, B.O.D., Sabarudin, A.B. & Rumhayati, 2014. Pembuatan Kitosan Makropori menggunakan Garam Dapur dan Aplikasinya terhadap Adsorpsi Methyl Orange. *Student Journal*, 1(1), pp.1-7.
- Basuki, B.R. & Sanjaya, I.G.M., 2009. Sintesis Ikat Silang Kitosan dengan Glutaraldehyd serta Identifikasi Gugus Fungsi dan Derajat Deasetilasinya. *Jurnal Ilmu Dasar*, 10(1), pp.93-101.
- Bhumkar, D.R. & Pokharkar., V.B., 2006. Studies on Effect of pH on Cross-linking of Chitosan with Sodium Tripolyphosphate: A Technical Note. *AAPS Pharmacy Science Technology*, 7 (2), pp.1-6.
- Chiou, M.S. & Li, H.Y., 2003. Adsorption behavior of reactive dye in aqueous solution on chemical cross-linked chitosan *beads*. *Chemosphere*. 50, pp.1095-1105.
- Fwu-Long, M., Shin-Shing, S., Sung-Tao, L., & Tsung-Bi, W., 1999. Kinetic Study of Chitosan-Tripolyphosphate Complex Reaction and Acid Properties of the Chitosan-Tripolyphosphate Gel *Beads* Prepared by in-Liquid Curing Method. *Journal of Polymer Physics*, 37, pp.1551-1564.

- Gupta, N.V. & Shivakumar, H.G., 2010. Preparation and Characterization of Superporous Hydrogel as Gastroretentive Drug delivery System for Rosiglitazone maleate. *DARU*, 18, pp.200-210.
- Kurniasih, M., Aprilita, N.H., Kartini, I. 2011. Sintesis dan Karakterisasi *Crosslink* Kitosan dengan Tripolifosfat pH 3. *Molekul*, 6(1), pp.19-24.
- Manja, A., 2016. *Analisis Dan Karakterisasi, Kitosan Bead/Manik Dengan Ikat Silang Glutaraldehida Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Kadmium (Cd²⁺)*. FMIPA USU. Medan.
- Rehansyah, M.A., Edward, H.S., Elystia, S. 2017. Penyisihan Zat Organik dan Warna Pada Air Gambut dengan Koagulan Alami Campuran (Biji Jagung, Biji Kelor dan Biji Semangka). *Jom FTEKNIK*, 4(2), pp.2-9.
- Sugita, P., Wukisari, T., Sjahriza, A., & Wahyono, D., 2009. *Kitosan: Sumber Biomaterial Masa Depan*. IPB Press. Bogor.
- Chu, W., Gao, N., Yin, D., & Krasner, S.W. 2013. Formation and Speciation of Nine Haloacetamides, An Emerging Class of Nitrogenous DBPs, during Chlorination or Chloramination. *Journal of Hazardous Materials*. 260, pp:806-812.
- Yulianti, E. 2017. *Kajian Adsorpsi Zat Warna Alizarin-Red-S dan Safranin-O pada Adsorben Beads Kitosan Terikat-Silang Tripolifosfat*. Skripsi. FMIPA UNLAM. Banjarbaru