

PEMANFAATAN ADSORBEN BEADS KOMPOSIT CHITOSAN-BENTONITE DALAM PENGOLAHAN AIR GAMBUT

ALFA INER¹, SHINTA ELYSTIA^{1*}, EDWARD HS¹

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Email: shinta.elystia@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK

Air gambut mempunyai derajat keasaman tinggi (pH antara 3-5), intensitas warna tinggi berwarna merah kecoklatan dengan kandungan zat organik yang tinggi. Untuk mengatasi masalah air gambut untuk dijadikan air bersih perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Adsorpsi menggunakan Beads komposit chitosan-bentonite merupakan salah satu alternatif dalam pengolahan zat organik dan warna pada air gambut. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis karakteristik, efisiensi adsorpsi zat organik dan warna air gambut, dan menghitung kapasitas serta model kesetimbangan adsorpsi menggunakan beads komposit chitosan-bentonite. Metode yang digunakan adalah adsorpsi dengan sistem batch. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan dosis adsorben yaitu 4, 12, 20, 60, 100 gr/L dan waktu kontak 30, 60, 90, 120, 150 menit dalam menyisihkan zat organik dan warna pada air gambut. Karakterisasi beads komposit chitosan-bentonite dengan uji daya serap air beads sebesar 607,28%, dan uji SEM menunjukkan bahwa beads memiliki pori-pori yang dapat digunakan dalam adsorpsi. Nilai efisiensi penyisihan zat organik dan warna terbaik sebesar 98,4% dan 90,47% pada dosis adsorben 100 gr/L dan waktu kontak 150 menit. Kapasitas adsorpsi maksimum adalah 38,25 mg/g dengan model kesetimbangan isoterm Langmuir dan Freundlich dengan nilai R^2 sebesar 0,993 dan 0,987. Hasil penelitian ini telah memenuhi Permenkes No. 32 Tahun 2017 tentang Higiene Sanitasi.

Kata kunci: Air Gambut, Adsorpsi, Chitosan, Bentonite.

ABSTRACT

Peat water has a high degree of acidity (pH between 3-5), high intensity of brownish red color with high organic matter content. To overcome the problem of peat water to be made clean water need to be processing first. Chitosan-bentonite composite beads are one of the alternatives for treating organic substances and color in peat water. The objective of this research is to analyze the characteristics, adsorption efficiency of organic matter and color in peat water, and calculate the adsorption capacity and equilibrium model using chitosan-bentonite composite beads. The method used is batch adsorption. The research was conducted by varying the adsorbent dosage at 4, 12, 20, 60, and 100 g/L, and contact time at 30, 60, 90, 120, and 150 minutes for the removal of organic matter and color in peat water. The characterization of chitosan-bentonite composite beads showed a water absorption capacity of 607.28%, and SEM analysis indicated that the beads have pores suitable for adsorption. The highest efficiency in removing organic matter and color was achieved at an adsorbent dosage of 100 g/L and contact time of 150 minutes, with values of 98.4% and 90.47% at, respectively. The adsorption capacity maximum was found to be 38.25 mg/g, and the adsorption equilibrium followed Langmuir and Freundlich isotherms with R^2 values of 0.993 and 0.987, respectively. The result of this study have met established by the Indonesian Ministry of Health Regulation No. 32 of 2017 on Hygiene and Sanitation.

Keywords: Peat Water, Adsorption, Chitosan, Bentonite.

1. PENDAHULUAN

Riau merupakan salah satu provinsi di Pulau Sumatera yang memiliki lahan gambut terluas. Luas lahan gambut di Provinsi Riau sebesar 5.355.774 ha dengan 2.637.704 ha untuk fungsi lindung dan 2.717.670 ha untuk fungsi budidaya (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020). Lahan gambut memiliki fungsi hidrologis yaitu sebagai tempat penyimpanan air dan diperkirakan bahwa 1 meter kubik gambut dapat menyimpan 850 liter air (Turnip dkk, 2018), sehingga pemanfaatan air gambut berpotensi untuk memenuhi kebutuhan air di Provinsi Riau.

Air gambut secara kuantitas berpotensi menjadi sumber daya air bersih, tetapi kualitasnya tidak sesuai. Air gambut memiliki warna coklat kemerahan dan pH asam yang disebabkan oleh kandungan zat organik tinggi yang terlarut pada asam humat dan turunannya (Syafitri dkk, 2015). Berdasarkan hasil penelitian Darmayanti, dkk (2022), air gambut Desa Rimbo Panjang memiliki intensitas warna sebesar 650 TCU dan zat organik sebesar 363,4 mg/L sehingga perlu dilakukan upaya untuk mengolah air gambut agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih dan memenuhi Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 dengan kadar maksimum parameter zat organik dan warna sebesar 10 mg/L dan 50 TCU.

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam pengolahan air karena memiliki beberapa kelebihan, yaitu ekonomis, tidak beracun dan mampu menghilangkan zat organik (Rahmi dkk, 2017). Adsorpsi merupakan suatu peristiwa terakumulasinya adsorbat pada permukaan adsorben akibat gaya tarik menarik antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben sehingga pemilihan adsorben akan mempengaruhi efektifitas adsorpsi. Arisna dkk, (2017) telah melakukan penelitian tentang adsorpsi logam Fe dan zat organik pada air gambut menggunakan adsorben karbon aktif kulit durian. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah efisiensi penyisihan logam Fe dan zat organik masing-masing sebesar 81,61% dan 9,04%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut terlihat bahwa adsorben karbon aktif kulit durian kurang efektif dalam penyisihan zat organik pada air gambut, sehingga perlu dilakukan pemilihan alternatif adsorben lain dalam penyisihan zat organik pada air gambut. Salah satu adsorben alternatif yang bisa digunakan adalah chitosan.

Chitosan merupakan senyawa biopolimer alami yang diperoleh dari kitin melalui proses deasetilasi. Kitin diperoleh dari limbah cangkang hewan laut pada kelompok Crustacea seperti udang, kepiting, lobster dan lain-lain (Silalahi dkk, 2020). Chitosan memiliki gugus aktif hidroksil dan amina yang sangat efektif mengadsorpsi zat – zat organik. Chitosan juga memiliki karakteristik biokompatibilitas, biodegradasi, dan tidak beracun (Pratiwi, 2014; Tamilarasi dkk, 2023). Walaupun chitosan memiliki daya adsorpsi yang besar, tetapi chitosan memiliki kelemahan seperti daya apung yang tinggi dan kurang stabil dalam keadaan asam, sehingga untuk mengatasi kelemahan ini chitosan dapat dilakukan modifikasi secara fisik maupun kimia (Sedyadi dkk, 2016; Madjid dkk, 2018). Modifikasi secara fisik dapat dilakukan dengan mengubah bentuk umum chitosan berupa powder menjadi bentuk beads (Sutirman dkk, 2018). Berdasarkan penelitian Kurniasih dkk (2014), bentuk beads pada chitosan menghasilkan kapasitas adsorpsi lebih besar daripada bentuk powder. Modifikasi secara kimia yaitu komposit dengan material lain baik itu alami maupun sintesis yang dapat meningkatkan kemampuan dari chitosan, diantaranya adalah jenis lempung bentonite.

Bentonite merupakan jenis lempung yang banyak mengandung mineral montmorillonit, dimana hampir 75% kandungan bentonite adalah mineral montmorillonit (Wibowo dkk, 2016). Montmorillonit mempunyai kapasitas tukar kation yang tinggi sehingga sangat baik dalam proses adsorpsi (Utami, 2018). Lempung bentonit memiliki sifat mudah mengembang, stabil dalam keadaan asam dan dapat meningkatkan stabilitas mekanik (Nugrahani dkk,

2014; Nugrahaningtyas dkk, 2016). Optimalisasi pemanfaatan lempung bentonite sebagai komposit chitosan chitosan dapat memperkaya situs aktif adsorben, luas permukaan dan volume total pori permukaan sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi (Rusadi dkk, 2018).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh dosis adsorben dan waktu kontak terhadap penyisihan zat organik dan warna dari air gambut menggunakan beads komposit chitosan-bentonite. Selain itu, diharapkan didapatkan dosis dan waktu optimum dalam penyisihan zat organik dan warna air gambut yang memenuhi standar baku mutu Permenkes No. 32 Tahun 2017 tentang Hygiene Sanitasi sehingga air gambut dapat digunakan oleh masyarakat sebagai air bersih.

2. METODE

Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam jangka waktu 4 bulan di Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Riau

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan terdiri dari jerigen 1 L, lumpang, ayakan 200 mesh, timbangan analitik, blender, magnetic stirrer with hotplate, stopwatch, alat gelas, kertas saring Whatman 4.2, termometer, pH meter, corong, oven, dan pompa peristaltic dengan selang silicon berdiameter 1,1 mm. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air gambut, cangkang kulit udang, sodium bentonite, HCL 1 N, aquades, NaOH 3,5%, NaOH 50%, CH₃COOH 1%, TPP 10%, H₂SO₄ 8 N, dan KMnO₄ 0,01 N.

Prosedur Percobaan

Pengambilan dan Pengawetan Sampel Air Gambut

Sampel air gambut pada penelitian ini berasal dari salah satu air permukaan yang ada di Desa Rimbo Panjang, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Indonesia dengan koordinat 0°25'30.83"N dan 101°17'36.78"E. Pengambilan sampel dan pengawetan air gambut dilakukan berdasarkan SNI 6989.59:2008.

Pembuatan Chitosan dari Cangkang Kulit Udang

Cangkang kulit udang yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari sebuah restoran makanan laut yang berada di Kota Pekanbaru. Cangkang kulit udang kemudian dibersihkan dan direbus selama 15 menit, diikuti dengan pengeringan dalam oven dengan suhu 110-120°C selama ±60 menit. Serbuk kemudian dilakukan proses demineralisasi dengan menggunakan HCL 1 N dengan perbandingan 1:7 (b/v). Cangkang kulit udang tersebut diaduk menggunakan pengaduk magnetik dengan kecepatan 200 rpm selama sekitar 30 menit, lalu dipanaskan pada suhu antara 80-90°C selama 60 menit. Setelah proses pemanasan, serbuk hasil dari kulit udang didinginkan dan kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman 4.2. Padatan yang terpisah tersebut dicuci menggunakan aquades sampai mencapai pH netral, dan selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C. Setelah proses pengeringan, serbuk tersebut didinginkan dan berat akhirnya diukur. Hasil dari langkah demineralisasi tersebut kemudian dilakukan proses deproteinasi menggunakan larutan NaOH 3,5% dengan perbandingan 1:10 (b/v). Proses ini dilakukan dengan mengaduk campuran menggunakan pengaduk magnetik pada kecepatan 200 rpm dan dipanaskan pada suhu 70-80°C selama 60 menit. Setelah campuran didinginkan, endapan yang terbentuk disaring dan dicuci dengan air deionisasi sampai mencapai pH netral. Kemudian, endapan

tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C. Setelah pengeringan, endapan didinginkan dan berat akhirnya diukur. Langkah selanjutnya adalah proses deasetilasi dengan menggunakan larutan NaOH 50% dengan perbandingan 1:15 (b/v). Proses ini dilakukan dengan mengaduk campuran menggunakan pengaduk magnetik pada kecepatan 200 rpm dan dipanaskan pada suhu 80-90°C selama 2 jam, kemudian didinginkan. Endapan hasil dari proses ini disaring, kemudian dicuci dengan air deionisasi sampai mencapai pH netral, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C. Setelah pengeringan, endapan tersebut didinginkan dan berat akhirnya diukur. Hasil dari seluruh proses ini adalah chitosan (Supriyantini dkk, 2018).

Pembuatan Beads Komposit Chitosan-Bentonite

Pembuatan Beads komposit chitosan-bentonite dengan melarutkan 2 gram chitosan dan 1 gram bentonite kedalam 100 ml larutan asam asetat. Larutan chitosan-bentonite selanjutnya diteteskan kedalam larutan TPP 10% menggunakan pompa peristaltik dengan selang silikon berukuran 1,1 mm (Biswas, 2020).

Karakterisasi Beads Komposit Chitosan-Bentonite

Karakterisasi ini dilakukan terhadap beads chitosan-bentonite pada penelitian ini meliputi:

1. Karakterisasi sesuai dengan ASTM D570-98. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas air yang mampu diserap oleh beads chitosan-bentonite
2. Karakterisasi SEM (Scanning Electron Microscope) dilakukan dengan JEOL JSM-6510LA. Karakterisasi bertujuan untuk mengetahui struktur permukaan beads komposit chitosan-bentonite sebelum dan sesudah adsorpsi.
3. Karakterisasi FTIR (Fourier Transform Infrared) berdasarkan pada spektrum gelombang 4000-400 cm^{-1} . Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi beads chitosan-bentonite.

Perlakuan Penelitian

Sampel air gambut sebanyak 250 ml dialirkan ke dalam gelas beaker 250 ml yang berisi adsorben beads chitosan-bentonite dengan variasi dosis adsorben (1, 3, 5, 15, dan 25 g) dan waktu kontak (30, 60, 90, 120, dan 150 menit) dan diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan dengan kecepatan pengadukan yaitu 150 rpm.

Tabel 1. Analisa Laboratorium Uji Parameter

Analisa	Metode
Zat Organik	SNI 06-6989.22-2004
Warna	Spektrofotometri

Persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi penyisihan zat organik dan warna Pada Persamaan (1).

$$E_p = \frac{(C_{in} - C_{ef})}{C_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana: E_p = Efisiensi penyisihan zat organik/warna (%)
 C_{in} = konsentrasi zat organik/warna awal (mg/L)
 C_{ef} = konsentrasi zat organik/warna akhir (mg/L)

Analisis dan Pengolahan Data

Setelah dilakukan percobaan utama, selanjutnya dilakukan analisis parameter zat organik dan warna, perhitungan efisiensi penyisihan zat organik sebagai permanganat (KMnO_4) dan

warna air gambut, kapasitas adsorpsi, dan model kesetimbangan adsorpsi. Metode analisa uji parameter zat organik dan warna air gambut disajikan pada Tabel 1.

Persamaan yang digunakan untuk kapasitas adsorpsi penyisihan zat organik dan warna pada Persamaan (2).

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{W} \quad (2)$$

Dimana: q_e = kapasitas adsorpsi (mg/g)
 C = konsentrasi zat organik/warna awal (mg/L)
 C_e = konsentrasi zat organik/warna akhir (mg/L)
 V = volume air gambut (L)
 w = dosis adsorben (g)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung model kestimbangan isoterm Langmuir pada Persamaan (3) dan Freundlich pada Persamaan (4).

$$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (3)$$

$$q_e = K_F \cdot C_e^{1/n} \quad (4)$$

Keterangan: q_e = banyak zat organik yang diserap oleh adsorben (mg/g)
 C_e = konstanta akhir zat organik saat kesetimbangan (mg/L)
 q_m = kapasitas maksimum adsorbat yang dapat diserap (mg/g)
 K_L = konstanta Langmuir (L/mg)
 K_F = konstanta Freundlich (mg/g (L/mg)^{1/n})
 $1/n$ = ketidakinieran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Karakterisasi Air gambut

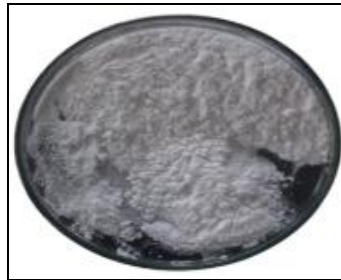
Air gambut pada penelitian ini memiliki konsentrasi zat organik dan warna masing-masing sebesar 297,04 mg/l dan 420 PtCo. Nilai-nilai ini melebihi dari standar kualitas air bersih Permenkes No. 32 Tahun 2017 tentang Higiene Sanitasi, dimana baku mutu zat organik dan warna sebesar 10 mg/l dan 50 PtCo.

Hasil Sintesis Chitosan

Hasil sintesis chitosan pada penelitian ini berbentuk serbuk, ukuran <200 mesh, berwarna putih, dan tidak berbau. Hasil sintesis chitosan yang diperoleh pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1 berikut.

Hasil sintesis serbuk chitosan pada penelitian ini diidentifikasi dengan menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi pembentuk chitosan. Gugus fungsi pembentuk chitosan diantaranya adalah gugus -OH, C-H, dan -NH₂ (Wafi dkk., 2020). Hasil analisis spektra FTIR pada chitosan penelitian ini menunjukkan puncaknya mulai dari panjang gelombang 933,59; 1052,21; 1131,30; 1144,80; 1585,23; 1659,58; 2347,47; 2875,02; 2941,57 dan 3588,72 cm⁻¹. Hasil ini menunjukkan bahwa antara spektrum chitosan pada penelitian ini dan chitosan standar tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Chitosan

standar menunjukkan puncaknya mulai dari panjang gelombang 897,41; 1026,63; 1077,93; 1154,64; 1259,54; 1422,73; 1578,94; 1660,55; 2361,41; 2922,80; 2922,85; dan 3377,95 cm^{-1} (Dompeipen, 2017).

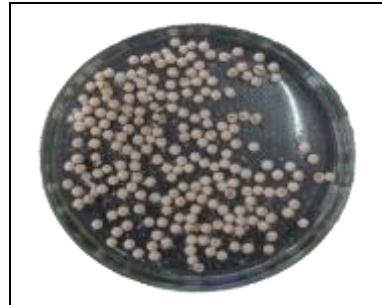


Gambar 1 Hasil Sintesis *Chitosan* dari Limbah Kulit Udang

Hasil dari analisis kuantitatif spektrum FTIR selanjutnya digunakan untuk menghitung derajat deasetilasi (DD) chitosan. Nilai DD mengindikasikan jumlah gugus asetil yang dihilangkan dari chitin untuk menghasilkan chitosan. Perhitungan nilai DD berdasarkan perbandingan nilai transmittan FTIR pada spektrum 1655 cm^{-1} dan 3450 cm^{-1} . Hasil nilai DD chitosan penelitian ini adalah 74,2%. Menurut Asni dkk (2014) chitosan yang memiliki DD >60% dapat digunakan sebagai adsorben.

Hasil Sintesis Chitosan-Bentonite

Beads komposit chitosan-bentonite pada penelitian ini dibuat dengan perbandingan chitosan dan bentonite 2:1 dengan ukuran beads 1,1 mm. Hasil sintesis beads komposit chitosan-bentonite pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Hasil Sintesis Beads komposit chitosan-bentonite

Beads chitosan-bentonite terbentuk setelah ditetaskan ke dalam larutan Tripoliposfat. Larutan ini berfungsi sebagai pelindung gugus NH_2 dan membentuk struktur butiran yang lebih baik yang akan mempengaruhi kekakuan, ukuran pori dan morfologi dari butiran beads yang terbentuk (Madjid dkk, 2018). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Piluharto dkk (2016) yang menyatakan bahwa beads yang dihasilkan memiliki bentuk bulat dan memiliki warna coklat keabu-abuan.

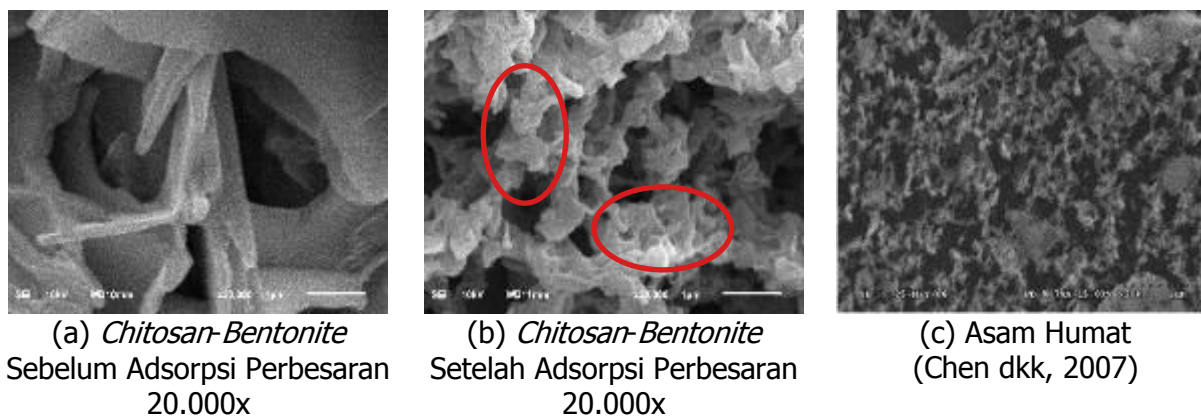
Hasil Karakterisasi Daya Serap Air Chitosan-Bentonite

Daya serap air dari beads berpengaruh terhadap kekuatan mekanik beads, dimana kekuatan mekanik berpengaruh terhadap kuat tekan dan kekakuan beads chitosan-bentonite dalam proses adsorpsi, sehingga apabila beads menerima gaya dan tekanan tidak menimbulkan kerusakan pada beads chitosan-bentonite. Menurut Munnawaroh (2019) semakin kecil daya serap air, air akan semakin sulit menembus bagian luar beads sehingga semakin tinggi kekuatan mekanik beads chitosan-bentonite dan sebaliknya. Hasil karakterisasi daya serap air beads chitosan-bentonite pada penelitian ini memiliki daya serap air sebesar 607,28 %.

Menurut Puliharto dkk (2016) daya serap air ini berkaitan dengan interaksi gugus hidrofilik dari beads chitosan-bentonite (-OH dan -NH₂) dengan molekul air. Hasil penelitian ini tidak berbeda jauh dengan penelitian Zuhrah (2022) bahwa daya serap air pada beads chitosan-clay sebesar 609,52%.

Hasil Karakterisasi SEM Chitosan-Bentonite Sebelum dan Sesudah Adsorpsi

Karakterisasi SEM dilakukan untuk mengetahui gambaran permukaan adsorben dengan perbesaran 20.000x. Hasil SEM disajikan pada Gambar 3 membandingkan permukaan mikroskopis asam humat, chitosan-bentonite sebelum adsorpsi dan chitosan-bentonite sesudah adsorpsi sebagai berikut.



Gambar 3 Perbandingan Hasil SEM Chitosan-Bentonite Sebelum dan Setelah Adsorpsi dengan Asam Humat

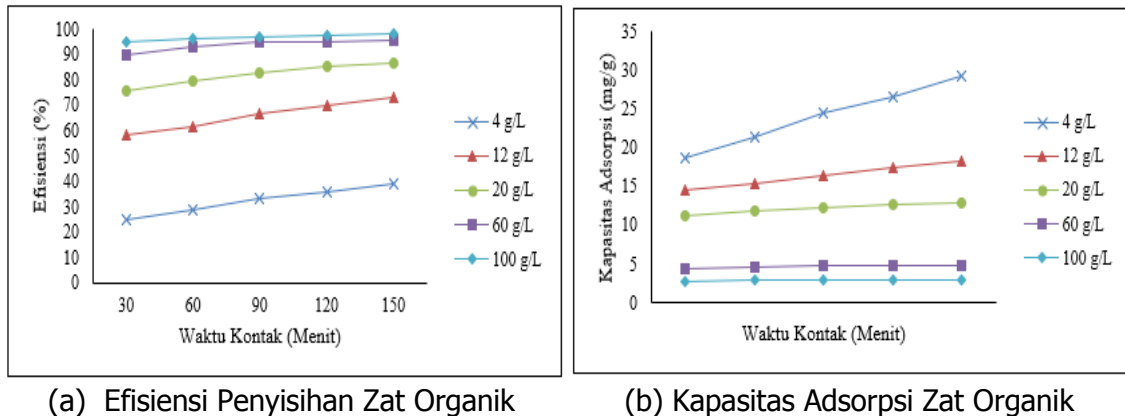
Berdasarkan visual analisis gambar SEM pada Gambar 3 (a) menunjukkan pori-pori beads komposit chitosan-bentonite. Berdasarkan Gambar 3 (b) dan (c) terlihat bahwa terdapat kemiripan morfologi antara beads komposit chitosan-bentonite setelah adsorpsi dengan asam humat. Hal ini menandakan pori-pori pada beads komposit chitosan-bentonite setelah adsorpsi telah terisi oleh adsorbat atau dalam hal ini adalah zat organik dan warna pada air gambut.

Hasil Karakterisasi FTIR Chitosan-Bentonite Sebelum dan Setelah Adsorpsi

Karakterisasi FTIR chitosan-bentonite sebelum dan setelah adsorpsi bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan gugus fungsi chitosan-bentonite. Hasil Karakterisasi FTIR beads chitosan-bentonite setelah adsorpsi pada penelitian ini mengalami peningkatan nilai transmittansi pada gugus fungsi N-H dan O-H yaitu dari 3,74% menjadi 5,23%, gugus C-H dari 2,45% menjadi 6,18%, gugus C=N dari 3,25% menjadi 4,82 %, serta gugus C-O dari 3,63% menjadi 5,08%. Hal ini sejalan dengan penelitian Hasanah, dkk (2017) yang mengalami peningkatan nilai transmittansi pada gugus C-H dari 7,78% menjadi 16,57% dan gugus C-O dari 16,14% menjadi 16,57%. Peningkatan nilai transmittansi ini mengindikasikan berkurangnya gugus fungsi dan semakin banyak adsorbat yang terikat dengan gugus fungsi tersebut.

Pengaruh Dosis Adsorben dan Waktu Kontak Beads Chitosan Bentonite Efisiensi dan Kapasitas Adsorpsi Zat Organik

Pengaruh variasi dosis adsorben dan waktu kontak beads chitosan-bentonite terhadap efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi zat organik ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



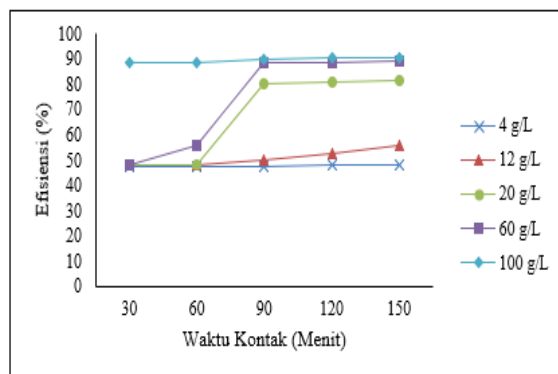
Gambar 4 Pengaruh Variasi Dosis Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Zat Organik (C= 297,04 mg/l, pH = 4,3, Kecepatan Pengadukan = 150 rpm)

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat pada grafik, efisiensi penyisihan zat organik meningkat sejalan bertambahnya dosis adsorben. Efisiensi penyisihan zat organik tertinggi pada dosis 100 g/L sebesar 98,4% dan terendah terdapat pada dosis 4 g/L sebesar 25%. Penambahan dosis adsorben menyebabkan peningkatan luas permukaan dan situs aktif adsorben dalam mengikat dan menjerap zat organik sehingga efisiensi penyisihan menjadi meningkat. Hasil ini sesuai dengan penelitian Zulfikar dkk (2014) dalam adsorpsi asam humat menggunakan chitosan-silica, bertambahnya dosis adsorben meningkatkan efisiensi penyisihan dengan dosis optimal 100 g/L. Waktu kontak merupakan parameter penting dalam proses adsorpsi. Waktu kontak didefinisikan sebagai perubahan konsentrasi terhadap waktu. Penentuan waktu kontak menjadi sangat penting dalam menentukan waktu pengadukan yang optimal selama proses adsorpsi sehingga memungkinkan adsorben mengadsorpsi adsorbat hingga mencapai batas maksimumnya (Zian dkk, 2016). Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat pada grafik, semakin lama waktu kontak, maka kemampuan adsorben dalam mengadsorb zat organik semakin besar. Efisiensi penyisihan zat organik tertinggi terdapat pada waktu kontak 150 menit dan terendah terdapat pada waktu kontak 30 menit, hal ini disebabkan adanya waktu kontak yang lebih lama memungkinkan terbentuknya lebih banyak ikatan antara adsorben dan adsorbat (Muchlisiyah, 2017). Pada dosis 60 g/L dan 100 g/L waktu kontak setelah 90 menit efisiensi hampir sama sebesar 94,68–95,74% dan 96,8–98,4%, hal ini dikarenakan telah mencapai kesetimbangan dan situs aktif telah jenuh oleh zat organik sehingga tidak dapat mengadsorpsi zat organik lagi. Hasil ini serupa dengan penelitian Zulfikar dkk (2014) dalam adsorpsi asam humat menggunakan chitosan-silica, dimana waktu kontak setelah 90 menit efisiensi penyisihan mengalami kesetimbangan. Berdasarkan Gambar 4 kapasitas adsorpsi zat organik menurun sejalan bertambahnya dosis adsorben zat organik, Menurut Reyra dkk (2017), penurunan kapasitas adsorpsi dikarenakan adanya situs aktif adsorben yang belum semuanya berikatan dengan adsorbat.

Pengaruh Dosis Adsorben dan Waktu Kontak Beads Chitosan Bentonite Terhadap Efisiensi Adsorpsi Warna

Pengaruh variasi dosis adsorben dan waktu kontak beads chitosan-bentonite terhadap efisiensi penyerapan warna ditunjukkan pada Gambar 5 berikut ini.

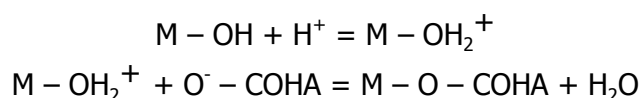
*Pemanfaatan Adsorben Beads Komposit Chitosan-Bentonite
Dalam Pengolahan Air Gambut*



**Gambar 5 Pengaruh Variasi Dosis Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyisihan Warna
(C= 420 PtCo, pH = 4,3, Kecepatan Pengadukan = 150 rpm)**

Berdasarkan gambar 5 pada grafik terlihat bahwa persentase adsorpsi meningkat sejalan dengan kenaikan dosis adsorben. Peningkatan ini berkaitan dengan jumlah situs aktif yang tersedia pada permukaan adsorben beads chitosan-bentonite. Menurut Hidayati dkk (2016), semakin banyak situs aktif yang tersedia, semakin besar interaksi antara adsorbat dan adsorben, sehingga persentase adsorpsi meningkat. Efisiensi adsorpsi warna air gambut tertinggi pada dosis adsorben 100 g/L dengan persentase adsorpsi sebesar 90,4%. Persentase adsorpsi zat warna meningkat dari waktu kontak 30 hingga 90 menit. Hal ini terjadi karena pada tahap awal adsorpsi, permukaan adsorben masih belum terlalu banyak terikat dengan molekul zat warna sehingga proses adsorpsi berlangsung efektif dan semakin lama waktu kontak, semakin banyak zat warna yang menempati situs aktif adsorben sehingga persentase adsorpsi meningkat. Namun, pada waktu kontak 90 menit hingga 150 menit, adsorpsi zat warna cenderung konstan. Hal ini disebabkan situs aktif dari adsorben chitosan-bentonite telah mencapai kesetimbangan dengan molekul zat warna dalam adsorben. Hasil ini sejalan dengan penelitian Hidayati dkk (2016) dalam penyisihan zat warna remazol brilliant blue r, dimana adsorpsi zat warna cenderung konstan pada waktu kontak 90 menit hingga 120 menit.

Chitosan memiliki situs aktif yang diperankan gugus amina dan hidroksil. Gugus fungsi kelompok fenolik dan karboksilat dalam asam humat (HA) yang merupakan senyawa organik dominan pada air gambut sebagian besar terionisasi menjadi bermuatan negatif. Ionisasi ini menyebabkan asam humat akan tertarik pada permukaan chitosan melalui interaksi elektrostatik (Syafitri dkk, 2015; Zulfikar dkk, 2014). Sedangkan mekanisme adsorpsi bentonite dengan asam humat adalah pertukaran ligan antara molekul HA dan mineral oksida. Mekanisme reaksi bentonite dan HA sebagai berikut (Gueu, 2019).

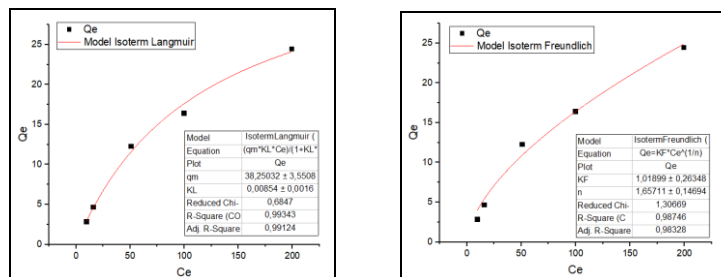


Keterangan:
M = Al atau Si

Penentuan Isoterm Adsorpsi

Pada penelitian ini, digunakan model isoterm Langmuir dan Freundlich. Isoterm Langmuir mengasumsikan adsorbat akan membentuk lapisan monolayer pada permukaan adsorben sehingga terjadi adsorpsi secara kimia sedangkan model isoterm Freundlich mengasumsikan

adsorbat akan membentuk lapisan multilayer pada permukaan adsorben sehingga terjadi adsorpsi secara fisika. Data yang digunakan untuk menentukan model isoterm adsorpsi diperoleh dari percobaan dengan variasi dosis adsorben 4, 12, 20, 60, dan 100 g/L dengan waktu kontak 90 menit. Perbandingan kedua model isoterm pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



(a) Model Isoterm Langmuir (b) Model Isoterm Freundlich

Gambar 6 Perbandingan Isoterm Adsorben Beads komposit Chitosan-Bentonite

Berdasarkan Gambar 6 (a) dan (b) menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi (R^2) isoterm Langmuir dan Freundlich tidak berbeda jauh dan mendekati nilai $R^2 = 1$. Nilai koefisien korelasi isoterm Langmuir lebih besar daripada isoterm Freundlich, dimana nilai koefisien korelasi Langmuir sebesar 0,993 dan nilai koefisien korelasi isoterm Freundlich sebesar 0,987. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi zat organik dan warna menggunakan beads komposit chitosan-bentonite mengikuti mekanisme adsorpsi Isoterm Langmuir yaitu proses adsorpsi secara kimia. Hasil ini serupa dengan penelitian Zulfikar, dkk (2014) yang menyisahkan asam humat pada air menggunakan chitosan-silica juga memperoleh nilai R^2 model kesetimbangan isoterm Langmuir dan Freundlich sebesar 0,997 dan 0,966.

Nilai kapasitas maksimum (q_m) pada penelitian ini sebesar 38,25 mg/g dengan nilai konstanta Langmuir (KL) sebesar 0,0085 L/mg, sedangkan nilai konstanta Freundlich (KF) sebesar 1,01 mg/g(L/mg)^{1/n} dengan nilai n sebesar 1,65. Nilai q_m dan KF menandakan banyak jumlah adsorbat yang dapat terjerap oleh adsorben, dimana semakin tinggi nilai q_m dan KF, maka semakin banyak senyawa adsorbat yang terjerap oleh adsorben. Nilai KL menandakan kuat ikatan antara adsorbat dan permukaan adsorben sehingga semakin tinggi nilai KL semakin efektif permukaan adsorben dalam menghilangkan adsorbat, sedangkan nilai n melambangkan heterogenitas permukaan, dimana semakin tinggi nilai n maka semakin heterogen permukaan dan membentuk lapisan multilayer (Khuluk, 2016; Ismadji dkk, 2021). Menurut Salehin dkk (2016) dan Madiabu dkk (2020) nilai n dalam rentang $1 < n < 10$ menyatakan bahwa adsorpsi yang terjadi bersifat favourable.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, Hasil karakterisasi Fourier Transform Infrared (FTIR) pada chitosan telah sesuai dengan gugus fungsi chitosan standar dan memperoleh nilai DD sebesar 74,2%. Hasil karakterisasi Scanning Electron Microscopy (SEM) pada beads komposit chitosan-bentonite diperoleh beads memiliki pori-pori dan mampu mengadsorpsi zat organik dan warna air gambut dengan baik, dan daya serap air (DSA) sebesar 607,28%. Efisiensi penyisihan zat organik dan warna pada air gambut terbaik yaitu sebesar 98,4% dan 90,47% pada dosis beads komposit chitosan-bentonite 100 g/L dengan waktu kontak 150 menit. Kapasitas adsorpsi beads chitosan-bentonite maksimum sebesar 38,25 mg/g dengan model kesetimbangan isoterm Langmuir dan Freundlich dengan nilai R^2 sebesar 0,993 dan 0,987.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa konsentrasi akhir zat organik dan warna pada air gambut pada dosis beads 100 g/L dan waktu kontak 90 menit dan setelahnya, telah memenuhi Permenkes No. 32 Tahun 2017 tentang Higiene Sanitasi.

DAFTAR PUSTKA

- Arisna, R., & Titin Anita Zaharah, R. (2016). Adsorpsi Besi Dan Bahan Organik Pada Air Gambut Oleh Karbon Aktif Kulit Durian. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(3).
- Asni, N., Saadilah, M. A., & Saleh, D. (2014). Optimalisasi sintesis kitosan dari cangkang kepiting sebagai adsorben logam berat Pb (II). *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 15(1), 18-25.
- Biswas, S., Rashid, T. U., Debnath, T., Haque, P., & Rahman, M. M. (2020). Application of chitosan-clay biocomposite beads for removal of heavy metal and dye from industrial effluent. *Journal of Composites Science*, 4(1).
- Darmayanti, L., Putri, M., & Edward, H. S. (2022). Membran Keramik Berbahan Dasar Tanah Liat dan Fly Ash untuk Penyisihan Warna dan Zat Organik pada Air Gambut. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 6 (1), 1-15.
- Dompeipen, Edward J. (2017). Isolasi dan Identifikasi Kitin dan Kitosan Dari Kulit Udang Windu (*Panaeus monodon*) dengan Spektrokopi Inframerah. *Jurnal Kementerian Perindustrian*, (1), 31-41.
- Gueu, Soumahoro dkk. (2019). Physicochemical Characterization of Three Natural Clays Used as Adsorbent for The Humic Acid Removal from Aqueous Solution. *Adsorption Science & Technology*. 37 (1): 77-94.
- Hasanah, dkk. 2017. Modifikasi Kitosan dari Limbah Cangkang Rajungan Dengan Crosslinking Menggunakan Glutaraldehyd Sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II). *Journal of Chemistry*, 6(2): 1-12
- Hidayati, P., Ulfin, I., & Juwono, H. (2016). Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Nata De Coco: Optimasi Dosis Adsorben dan Waktu Kontak. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 5(2).
- Ismadji, Suryadi dkk. (2021). Adsorpsi pada fase cair: Keseimbangan, kinetika, dan termodinamika. Surabaya: Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2020). *Perlindungan Dan Pengelolaan Ekosistem Gambut Nasional Tahun 2020 - 2049*.
- Khuluk, R.H. (2016). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocous Nucifera L.*) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru, Skripsi. Universitas Lampung: 1-66
- Kurniasih, M., Riapanitra, A., & Rohadi, A. (2014). Adsorpsi Rhodamin B dengan Adsorben Kitosan Serbuk dan Beads Kitosan. *Sains dan Matematika*, 2(2).
- Madiabu, M. J., Untung, J., & Solihat, I. (2020). Studi Keseimbangan Isotherm Adsorpsi Logam Nikel (II) Pada Limbah Cair Menggunakan Cangkang Telur: Adsorben Berbiaya Murah. *WARTA AKAB*, 44(2).
- Madjid, D. A. R., Nitsae, M., & Sabarudin, A. (2018). Perbandingan Butiran Kitosan dengan Pengikat Silang Epiklorohidrin (ECH) dan Glutaraldehyd (GLA): Karakterisasi dan Kemampuan Adsorpsi Timbal (Pb). *Alchemy Chemistry Journal*, 6(1).
- Muchlisyyah, J., Laeliocattleya, R. A., & Putri, W. D. R. (2017). *Kimia Fisik Pangan*. Universitas Brawijaya Press.
- Munawwaroh, M. J. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Beads Alginat-Karboksimetil Selulosa dari Batang Jagung Menggunakan Variasi CaCl₂. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Indonesia

- Nugrahani, R. A., & Ismiyati, I. (2014). Pemanfaatan Nanobentonit sebagai Bahan Tambahan pada Formula Grease, Kosmetik dan Nanokomposit Polimer. *Prosiding Semnastek*, 1(1).
- Nugrahaningtyas, K. D., Widjonarko, D. M., Daryani, D., & Haryanti, Y. (2016). Kajian Aktivasi H₂SO₄ terhadap Proses Pemiliran Al₂O₃ pada Lempung Alam. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 12(2), 190-203.
- Piluharto, B., Mahendra, Y.I., Andarini, N. (2016). Hybrid Kitosan/Bentonit Sebagai Matriks Untuk Pelepasan Ion Amonium Dalam Air. *Journal Kimia Riset*, 1(1).
- Pratiwi, R. (2014). Manfaat kitin dan kitosan bagi kehidupan manusia. *Oseana*, 39(1), 35-43.
- Rahmi, R., & Sajidah. (2017). Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb) Dalam Limbah Cair. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 5(1).
- Reyra, A. S., Daud, S., & Yenti, S. R. (2017). Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Daun Nanas terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK*, 4(2).
- Rusadi, E., Mahatmantie, F. W., & Sulistyaningsih, T. (2018). Preparasi Komposit Kitosan-Bentonit sebagai Adsorben Zat Warna Methyl Orange. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 207-213.
- Salehin, S., Aburizaiza, A. S., & Barakat, M. A. (2016). Activated carbon from residual oil fly ash for heavy metals removal from aqueous solution. *Desalination and Water Treatment*, 57(1), 278-287.
- Sedyadi, E., & Huda, D. K. (2016). Kajian Adsorpsi Remazol Yellow FG Oleh Montmorillonit-Kitosan. *Integrated Lab Journal*, 4(2), 139-152.
- Silalahi, A. M., Fadholah, A., & Artanti, L. O. (2020). Isolasi dan Identifikasi Kitin dan Kitosan Dari Cangkang Susuh Kura (*Sulcospira testudinaria*). *Pharmaceutical Journal of Islamic Pharmacy*, 4 (1).
- Supriyantini, E., Yulianto, B., Ridlo, A., Sedjati, S., & Nainggolan, A. C. (2018). Pemanfaatan chitosan dari limbah cangkang rajungan (*Portunus pelagicus*) sebagai adsorben logam timbal (Pb). *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(1), 23-28.
- Sutirman, Z. A., Sanagi, M. M., Abd Karim, K. J., Wan Ibrahim, W. A., & Jume, B. H. (2018). Equilibrium, kinetic and mechanism studies of Cu(II) and Cd(II) ions adsorption by modified chitosan beads. *International Journal of Biological Macromolecules*, 116, 255-263.
- Syafitri, K. P., Saputra, E., & Darmayanti, L. (2015). Pengaruh Molaritas dan Rasio Aktivator Pada Geopolimer Untuk Pengolahan Air Gambut. *JOM FTEKNIK*, 2 (5).
- Tamilarasi, G. P., Sabarees, G., Manikandan, K., Gouthaman, S., Alagarsamy, V., & Solomon, V. R. (2023). Advances in electrospun chitosan nanofiber biomaterials for biomedical applications. *Materials Advances*, 4(15), 3114-3139.
- Turnip, S. U., Handayani Sipayung, F., Catur Setiadi, I., Yulianti, N., Florante Adji, F., & Damanik, Z. (2018). The Physical Properties of Transition Peat in Peatland Hydrology Unitary (KHG) Kahayan-Sebangau, Central Kalimantan. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 3 (2), 417-420.
- Utami, D. N. (2018). Kajian jenis mineralogi lempung dan implikasinya dengan gerakan tanah. *Jurnal Alami: Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, 2(2), 89-97.
- Wafi, A., Atmaja, L., & Ni'mah, Y. L. (2020). Analisis kuat tarik dan elongasi film gelatin-kitosan. *ALCHEMY: Journal of Chemistry*, 8(1), 1-8.
- Wibowo, A. E. P., Aji, R. N., Ujiningtyas, R., Mayasari, T., & Widiarti, N. (2016). Fotokatalis TiO₂/Kitosan dan TiO₂/Bentonit sebagai Penjernih Air Embung di Lingkungan UNNES. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 5(2).
- Zian, Z., Ulfan, I., & Harmami, H. (2016). Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Remazol Violet 5R Menggunakan Adsorben Nata de Coco. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2)
- Zuhrah, P. F., Elystia, S., Zultiniar, Z., & Ermal, D. A. S. (2022). Penyisihan Logam Cr (VI) Dari Limbah Cair Elektroplating Menggunakan Adsorben Beads Komposit Chitosan-

*Pemanfaatan Adsorben Beads Komposit Chitosan-Bentonite
Dalam Pengolahan Air Gambut*

Clay. *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, 22(2), 252-266.

Zulfikar, M. A., Setiyanto, H., Wahyuningrum, D., & Mukti, R. R. (2014). Peat water treatment using chitosan-silica composite as an adsorbent. *International Journal of Environmental Research*, 8(3), 687-710.