

	SINTESIS SILIKA-KITOSAN UNTUK MENURUNKAN KADAR ION BESI DALAM AIR PERMUKAAN Rangga Putra*¹, Rina Elvia², Hermansyah Amir³ ^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP Universitas Bengkulu *E-mail : rangga_putra22@yahoo.com					
						

ABSTRACT

This study aims to silica synthesis from rice (*Oryza sativa*) husk ash modified with chitosan and the results are applied to reduce levels of iron ions in surface water, especially well water. The method used is the alkaline fusion method with a ratio of ash with KOH of 20:80% of total weight. The results of the research prove that silica and chitosan have been successfully carried out with the ability to support adsorption of silica better than ordinary silica. FTIR test shows that there has been a modification of silica with chitosan in silica-chitosan 2: 1 and 2: 2. In silica-chitosan 2: 1 ratio there are NH groups at wave numbers 1559.61 cm^{-1} , whereas in the silica-chitosan 2: 2 ratio there were NH groups at wave numbers 1556.93 cm^{-1} . The optimum condition of Fe metal adsorption is at pH 5, the optimum contact time for 50 minutes with the adsorbate temperature at 28°C , and the optimum weight at a silica-chitosan 2: 0 ratio of 150 mg and at a silica-chitosan 2: 1 ratio of 200 mg. Adsorption of Fe metal at optimum conditions at a silica-chitosan 2: 1 ratio is higher than the silica-chitosan 2: 0 ratio. In well water samples with optimum conditions, the concentration of Fe metal adsorption at silica-chitosan 2: 1 ratio was 0.742 ppm with adsorption efficiency of 64.838% and silica-chitosan adsorption ratio of 2: 0 was 0.577 ppm with adsorption efficiency of 89.776%.

Keywords: *silika, chitosan, rice husk, Iron metal ion*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk sintesis silika dari abu sekam padi (*Oryza sativa*) yang dimodifikasi dengan kitosan dan hasilnya diaplikasikan untuk menurunkan kadar ion besi dalam air permukaan, terutama air sumur. Metode yang digunakan adalah metode alkali fusion dengan perbandingan abu dengan KOH sebesar 20:80 % berat total. Hasil penelitian menunjukkan modifikasi antara silika dan kitosan berhasil dilakukan serta kemampuan adsorpsi silika yang dimodifikasi lebih baik dibanding silika biasa. Uji FTIR menunjukkan telah terjadi modifikasi silika dengan kitosan pada rasio silika-kitosan 2:1 dan 2:2. Pada rasio silika-kitosan 2:1 adanya gugus NH pada bilangan gelombang $1559,61\text{ cm}^{-1}$, sedangkan pada rasio silika-kitosan 2:2 adanya gugus NH pada bilangan gelombang $1556,93\text{ cm}^{-1}$. Kondisi optimum adsorpsi logam Fe berada pada pH 5, waktu kontak optimum selama 50 menit dengan suhu adsorbat pada suhu 28°C , dan berat optimum pada rasio silika-kitosan 2:0 sebanyak 150 mg dan pada rasio silika-kitosan 2:1 sebanyak 200 mg. Adsorpsi logam Fe pada kondisi optimum pada rasio silika-kitosan 2:1 lebih tinggi dibanding rasio silika-kitosan 2:0. Pada sampel air sumur dengan kondisi optimum, Konsentrasi adsorpsi logam Fe pada rasio silika-kitosan 2:1 sebesar 0,742 ppm dengan efisiensi adsorpsi 64,838% dan adsorpsi rasio silika-kitosan 2:0 sebesar 0,577 ppm dengan efisiensi adsorpsi 89,776%.

Kata kunci: *silika, kitosan, sekam padi, ion logam Besi*

PENDAHULUAN

Permukaan bumi sebagian besar tertutupi oleh air dimana 97,5 % adalah berbentuk air laut dan air payau yang tidak dapat diminum dan hanya 2,5% berupa air tawar dengan hanya 0.003% saja yang dapat dipakai manusia karena sebagian besar air tawar di bumi tersimpan dalam bentuk es dan gletser atau endapan salju [1].

Diperkirakan bahwa sebenarnya jumlah air tanah yang ada di bumi ini jauh lebih besar dibanding jumlah air permukaan dimana 98% dari semua air di daratan tersembunyi di bawah permukaan tanah dalam pori-pori batuan dan bahan-bahan butiran [2]. Karena itu air tanah mempunyai

peranan yang sangat penting untuk kepentingan rumah tangga maupun untuk kepentingan industri.

Pada umumnya air di alam mengandung unsur zat besi (Fe), terlarut dalam bentuk ion Fe^{2+} , di mana kadar ion besi yang tinggi akan menyebabkan air berwarna kekuningan dan berbau tidak enak, yang menandakan air tersebut tidak layak untuk dikonsumsi [3]. Di kota Bengkulu sendiri, kondisi air sumur cukup banyak yang berwarna kuning dan berbau tidak enak dengan kandungan besi melebihi ambang batas yang diperbolehkan [4].

Badan Kesehatan Dunia (WHO) menetapkan kadar besi dalam air minum maksimum adalah sebesar 0.1 mg/l, sedangkan United States

Environmental Protection Agency (USEPA) menetapkan kadar besi maksimum dalam air yaitu 0.3 mg/l. Di Indonesia sendiri, sesuai Kepmenkes RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002, konsentrasi zat besi dalam air minum dibatasi maksimum pada konsentrasi 0.3 mg/l [5].

Banyak metode yang dapat dilakukan untuk menghilangkan kandungan ion besi dalam air seperti metode adsorpsi, pengendapan dengan zat kimia, pertukaran ion, reverse osmosis [6], dan di antara metode-metode ini, metode adsorpsi adalah metode yang efektif digunakan baik dari segi ekonomis dan teknologi karena bahan adsorben juga dapat dihasilkan dari berbagai sumber daya alam salah satunya adalah Silika dalam bentuk SiO_2 [7].

Sekam padi (*Oryza sativa*) sebagai limbah yang berlimpah khususnya di negara agraris, merupakan salah satu sumber Silika yang besar karena adanya kandungan Silika sebesar 90-98% dari berat kering pada abu hasil pembakaran sempurna dari sekam padi [8]. Selain itu Silika dari sekam padi dapat diperoleh dengan sangat mudah dan biaya yang relatif murah, yakni dengan cara ekstraksi alkalis yang didasarkan pada tingginya kelarutan Silika amorf dalam larutan alkalis seperti KOH, Na_2CO_3 , atau NaOH, dan dilanjutkan dengan proses pengendapan dari Silika terlarut dengan menggunakan senyawa asam, seperti HCl, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, CH_3COOH , dan $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ [9].

Silika gel sendiri merupakan suatu bentuk dari Silika yang dihasilkan melalui penggumpalan sol Natrium Silikat (NaSiO_2) yang dapat didehidrasi sehingga berubah menjadi padatan atau butiran mirip kaca yang bersifat tidak elastik yang dapat dimanfaatkan sebagai zat penyerap, pengering, dan penopang katalis [10].

Walaupun mempunyai berbagai kelebihan, ternyata Silika gel juga mempunyai beberapa kelemahan, karena pada Silika gel jenis situs aktif hanya berupa gugus silanol ($-\text{SiOH}$) dan siloksan (Si-O-Si) [11]. Gugus silanol memiliki sifat keasaman yang rendah, disamping mempunyai oksigen sebagai atom donor yang sifatnya lemah. Adanya kelemahan ini dapat diatasi dengan cara modifikasi permukaan, yang akan dapat mengubah jenis situs aktifnya sehingga menjadi lebih luas bidang pemanfaatannya [12].

Modifikasi adsorben dengan gugus fungsional organik merupakan salah satu cara untuk

memaksimalkan kemampuan adsorpsi melalui kapasitas adsorpsi dan selektivitas yang lebih tinggi. Selain itu gugus organik sebagai atom pendonor elektron memiliki muatan negatif akan dapat menetralkan muatan ion logam, sehingga dapat berikatan dengan ion logam melalui ikatan kovalen koordinasi membentuk senyawa kompleks [13], sehingga permukaan adsorben yang mengandung gugus fungsi (pendonor elektron) tersebut dapat dimanfaatkan elektronnya untuk berikatan dengan logam berat sebagai akseptor elektron [14].

Peneliti sebelumnya tentang sintesis Silika-kitosan *bead* terbukti dapat menurunkan kadar ion Cd(II) dan Ni(II) dalam larutan dengan hasil kapasitas adsorpsi Silika-kitosan adalah lebih besar pada ion Cd(II) dibanding ion Ni(II) dan kapasitas adsorpsi terbesar terjadi pada perbandingan 1 : 2 antara Silika-kitosan.

Kitosan mempunyai kemampuan untuk mengikat ion-ion logam, terutama logam transisi melalui pembentukan ikatan koordinasi dari gugus hidroksi ($-\text{OH}$) dan amina ($-\text{NH}_2$), serta adanya gugus amida ($-\text{NHCOCH}_3$) pada kitin yang masing-masing dapat bertindak sebagai ligan jika berinteraksi dengan logam [15].

Penelitian sebelumnya tentang penggunaan gel kitosan sebagai adsorben Ion Fe(III) dan Cd(II) dengan hasil kapasitas adsorpsi maksimum gel kitosan terhadap ion Fe(III) sebesar 11,574 mg/g dan untuk ion Cd(II) sebesar 8,446 mg/g yang menunjukkan gel kitosan relatif lebih selektif mengadsorpsi ion Fe(III) dibandingkan dengan ion Cd(II) [16].

Dalam penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan abu sekam padi dalam upaya mendapatkan adsorben Silika-kitosan dengan proses sol gel serta metode ekstraksi yang dimodifikasi untuk digunakan sebagai adsorben ion Fe dalam air baku permukaan.

METODE PENELITIAN

1. Pengabuan Sekam Padi dan Pembuatan Serbuk Silika Gel

Sekam padi dibakar dalam furnace pada suhu 500°C selama 6 jam. Pembakaran pada suhu yang tinggi berfungsi untuk menghilangkan fraksi organik dari sekam padi. Abu sekam padi digerus kemudian diayak dengan ayakan 100 mesh. Abu sekam padi selanjutnya dicuci dengan larutan HCl 6

M dan dinetralkan dengan akuades. Hasil pencucian dikeringkan dalam oven.

Selanjutnya dilakukan ekstraksi Silika (SiO_2) dengan metode *alkali fusion* dengan perbandingan 20:80 persen berat total. Diambil 30 gram abu sekam, dicampurkan dengan KOH sebanyak 120 gram dan dimasukkan ke dalam cawan keramik dan diaduk sampai merata.

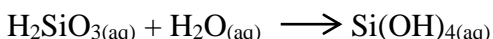
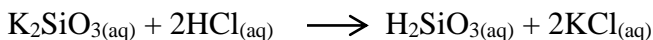
Cawan keramik yang berisi campuran abu sekam dan KOH dimasukkan ke dalam *furnace*, bersuhu 360°C selama 4 jam, lalu didinginkan hingga temperatur kamar dan diperoleh kristal kalium Silikat (K_2SiO_3).

Kalium Silikat yang terbentuk ditambahkan 200 mL akuades dan didiamkan selama satu malam agar terbentuk larutan K_2SiO_3 , lalu disaring untuk memisahkan endapan yang tidak larut.

Hasil saringan diteteskan sedikit demi sedikit dengan larutan HCl 2 M, sambil diaduk dan dipanaskan hingga temperatur 50°C hingga terbentuk gel putih ($\text{Si}(\text{OH})_4$).

Penambahan Asam mengakibatkan penurunan pH pada larutan K_2SiO_3 sehingga terbentuk asam Silikat (H_2SiO_3) yang menyebabkan gugus siloksan (Si-O) membentuk gugus silanol (Si-OH).

Reaksi yang terjadi adalah



Selanjutnya, gel yang diperoleh disaring dan dicuci dengan aqua DM beberapa kali, dan selanjutnya dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C selama 2 jam, sehingga diperoleh serbuk Silika, dihaluskan dengan mortar dan ditimbang.

2. Pembuatan Larutan Kitosan

Pembuatan larutan kitosan dilakukan dengan menimbang masing-masing 1g (untuk larutan kitosan 1%) dan 2g (untuk larutan kitosan 2%) kitosan serbuk kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing labu Erlenmeyer 250 mL.

Sebanyak 100 mL larutan asam asetat 2% (v/v) dimasukkan ke dalam masing-masing labu Erlenmeyer. Kemudian diaduk secara konstan menggunakan magnetic stirrer selama 1 jam sampai homogen.

Serbuk Silika yang telah diperoleh dilarutkan dengan NaOH 2 M 100 mL, di mana Silika yang digunakan sebanyak 1 g untuk larutan Silika 1 % dan 2 g gram untuk larutan Silika 2 %.

Larutan kitosan dan larutan Silika kemudian diaduk dengan menggunakan stirrer sampai homogen dengan komposisi larutan Silika dan larutan kitosan, secara berturut – turut adalah 2 % : 0 %; 2 % : 1 %; dan 2 % : 2 %. Selanjutnya larutan diteteskan ke dalam 500 mL NaOH 0,5 M dengan menggunakan pipet tetes dan diaduk selama 24 jam dengan menggunakan stirrer. Silika-kitosan yang terbentuk didiamkan selama 30 menit kemudian disaring dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Karakterisasi dari Silika-kitosan yang diperoleh dilakukan dengan instrumen *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), dan *X-Ray Fluorescence* (XRF).

3. Pembuatan Larutan Standar

Pembuatan larutan standar dari logam Fe 100 ppm dibuat dengan cara melarutkan 0,0496 gram kristal $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan aqua DM didalam labu takar 100 ml dan diencerkan sampai tanda batas.

Larutan buffer asetat pH 4,5 dibuat dengan melarutkan 3,97 gram CH_3COONa dengan beberapa mL aqua DM, selanjutnya ditambahkan 5 ml CH_3COOH ($K_a = 1,75 \times 10^{-5}$) dan diencerkan dengan aqua DM hingga volumenya 50 mL.

Pembuatan larutan 1,10-Fenantrolin 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 0,1 gram senyawa 1,10-Fenantrolin dengan aqua DM hingga volumenya tepat 100 mL.

Pembuatan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 100 ppm dibuat dengan cara melarutkan 0,0157 gram $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan aqua DM dan diencerkan sampai tepat volume 100 ml.

Pembuatan larutan Natrium tiosulfat 100 ppm dipipet sebanyak 1,1 ml dimasukkan dalam labu 10 ml, kemudian ditambahkan 1,10 fenantrolin 1000 ppm sebanyak 1,5 ml, dan larutan buffer asetat pH 4,5 sebanyak 1,5 ml. Lalu ditambahkan aqua DM hingga volume 10 ml.

4. Penentuan Panjang Gelombang Optimum

Penentuan panjang gelombang optimum ini dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang maksimum dari larutan kompleks Besi (II)-

fenantrolin yang menjadi acuan panjang gelombang yang digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi, penentuan pH optimum, dan penentuan waktu kontak optimum. Pada panjang gelombang maksimum ini akan diperoleh serapan maksimum untuk larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin.

Penentuan panjang gelombang maksimum (λ) dari logam Fe dilakukan dengan larutan standar Fe sebanyak 0,5 ml yang dimasukkan kedalam labu ukur 10 ml, ditambahkan 1,1 ml larutan Natrium tiosulfat 100 ppm, 1,5 ml larutan 1,10-Fenantrolin 1000 ppm, 1,5 ml larutan buffer asetat pH 4,5, kemudian ditambahkan aqua DM hingga volumenya 10 ml. Campuran tersebut kemudian dikocok dan didiamkan selama 5 menit.

Campuran lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang 400-600 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Kemudian dibuat kurva antara absorbansi dengan panjang gelombang dan dari kurva tersebut dapat diketahui panjang gelombang maksimum dari kompleks Besi (II)-fenantrolin.

Pembuatan kurva standar logam Fe dilakukan dengan larutan standar Fe sebanyak 0,1 ml; 0,2 ml; 0,3 ml; 0,4 ml; dan 0,5 ml yang masing-masing dimasukkan kedalam labu ukur 10 ml untuk memperoleh konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm.

Kedalam masing-masing labu ukur ditambahkan 1,1 ml larutan Natrium tiosulfat 100 ppm, 1,5 ml larutan 1,10-Fenantrolin 1000 ppm, 1,5 ml larutan buffer asetat pH 4,5, kemudian ditambahkan aqua DM hingga volumenya 10 ml.

Campuran tersebut kemudian dikocok dan didiamkan selama 5 menit, lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Kemudian dibuat kurva kalibrasi antara absorbansi dengan konsentrasi larutan Besi (III). Dari kurva tersebut dapat persamaan linearitasnya untuk menentukan R^2 .

5. Penentuan pH optimum Adsorpsi

Penentuan pH optimum adsorpsi logam Fe dilakukan dengan serbuk Silika dan Silika-kitosan sebanyak 100 mg ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam botol vial 10 mL yang berisi larutan Fe 5 ppm sebanyak 5 mL.

Larutan divariasikan dengan pH larutan Fe yaitu pH 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 dengan cara ditambah HCl encer (untuk menurunkan pH) dan NaOH encer (untuk menaikkan pH).

Botol vial digoncang selama 20 menit menggunakan *shaker* pada kecepatan 300 rpm. Kemudian endapan disaring dengan kertas saring. Filtrat yang diperoleh kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis.

6. Penentuan Waktu Kontak optimum Adsorpsi

Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi logam Fe dilakukan dengan Silika dan Silika-kitosan sebanyak 100 mg ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam botol vial 10 mL yang berisi larutan Fe 5 ppm sebanyak 5 mL dengan pH optimum.

Botol vial digoncang menggunakan *shaker* pada kecepatan 300 rpm dengan variasi waktu kontak 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit.

Kemudian endapan disaring dengan kertas saring. Filtrat yang diperoleh kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis.

Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi logam Fe dilakukan dengan Silika dan Silika-kitosan ditimbang masing-masing sebanyak 50, 100 mg, 150 mg, dan 200 mg, kemudian dimasukkan ke dalam botol vial 10 mL yang berisi larutan Fe 5 ppm sebanyak 5 mL dengan pH optimum.

Botol vial digoncang menggunakan *shaker* pada kecepatan 300 rpm dengan waktu kontak optimum. Kemudian endapan disaring dengan kertas saring. Filtrat yang diperoleh kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis.

7. Penentuan Adsorpsi Logam Fe Air Sumur

Penentuan adsorpsi logam Fe dalam air sumur dilakukan dengan sampel air sumur yang digunakan sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL ditambahkan 7,5 ml larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 7,5 mL 1,10 fenantrolin, 7,5 mL buffer asetat pH 4,5 dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Selanjutnya sebanyak 5 mL larutan tersebut dimasukkan ke botol vial dengan Silika dan Silika-kitosan sebanyak 100 mg pada pH optimum.

Botol vial digoncang menggunakan *shaker* pada kecepatan 300 rpm dengan variasi waktu kontak optimum. Kemudian endapan disaring

sehingga hanya sebagian K_2O yang bereaksi dengan HCl untuk membentuk KCl dan H_2O . Sedangkan kandungan Cl yang tinggi kemungkinan disebabkan dari pencucian yang tidak sempurna yang menyisahkan KCl yang menempel pada Silika hasil sintesis.

Kandungan oksida logam lainnya yang masih tersisa juga disebabkan proses pencucian Silika hasil sintesis yang kurang sempurna karena menurut Prasad [19] pada abu sekam padi juga akan terdapat oksida logam lainnya seperti MgO_2 , Fe_2O_3 , CaO, dan Na_2O .

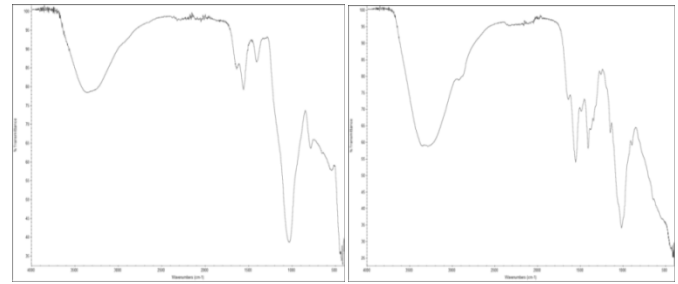
Kandungan K_2O yang tinggi menjadi salah satu sebab sedikitnya Silika-kitosan yang terbentuk karena K_2O tersebut masih berikatan kompleks dengan SiO_2 dan menutup sisi-sisi yang mungkin untuk disubstitusi kitosan.

Modifikasi Silika-kitosan 2:1 menggunakan Silika sebanyak 4 gram dan kitosan sebanyak 2 gram menghasilkan Silika-kitosan 2:1 sebanyak 4,87 gram. Hasil modifikasi Silika-kitosan 2:2 sebanyak 9,71 gram dari Silika sebanyak 5 gram dan kitosan sebanyak 5 gram. Hasil tersebut menunjukkan Silika-kitosan yang terbentuk tidak 100 % dari jumlah Silika dan kitosan karena dipengaruhi adanya K_2O yang masih membentuk kompleks dengan SiO_2 .

Karakterisasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi pada Silika-kitosan sehingga dapat diketahui keberhasilan modifikasi.

Hasil uji FTIR ditunjukkan pada Gambar 2 untuk rasio Silika-kitosan 2:1, dan 2:2, spektra Silika dan kitosan ditunjukkan pada gambar.3, serta sebagai pembandingan spektra FTIR Silika-kitosan hasil dari penelitian lain yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Hasil uji FTIR pada rasio Silika-kitosan 2:1 pada Gambar 2 menunjukkan adanya ikatan -OH pada bilangan gelombang $3361,09\text{ cm}^{-1}$ dan terjadi tumpang tindih vibrasi ulur NH pada serapan ikatan -OH. Serapan pada $1559,61\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan bahwa ada getaran lentur N-H dari NH_2 .



(a)

(b)

Gambar 2. Hasil uji FTIR

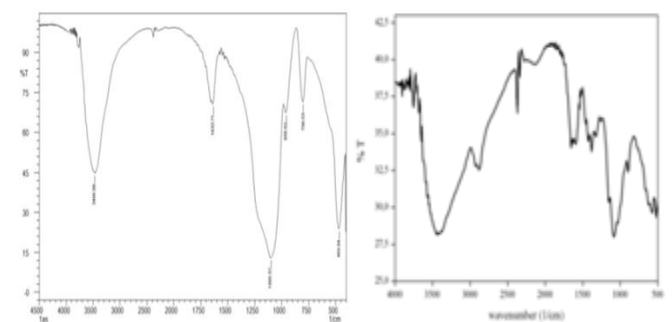
(a) : Untuk Rasio Silika-kitosan 2:1

(b) : Untuk Rasio Silika-kitosan 2:2

Pada bilangan gelombang $1407,58\text{ cm}^{-1}$ akan menunjukkan adanya ikatan C-H. Adanya Ikatan C-O dapat ditunjukkan pada bilangan gelombang $1031,18\text{ cm}^{-1}$ serta pada bilangan gelombang $413,84\text{ cm}^{-1}$ akan menunjukkan adanya gugus dari Si-O-Si dengan vibrasi tekuk.

Hasil uji FTIR pada rasio Silika-kitosan 2:2 pada Gambar 2 menunjukkan adanya ikatan -OH pada bilangan gelombang $3288,78\text{ cm}^{-1}$. Terjadinya serapan pada $1556,93\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan bahwa ada getaran lentur dari N-H pada NH_2 .

Bilangan gelombang $1409,15\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan C-H. sedangkan adanya Ikatan C-O ditunjukkan pada bilangan gelombang $1016,62\text{ cm}^{-1}$. Terdapatnya bilangan gelombang $405,78\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus Si-O-Si dengan vibrasi tekuk.



(a)

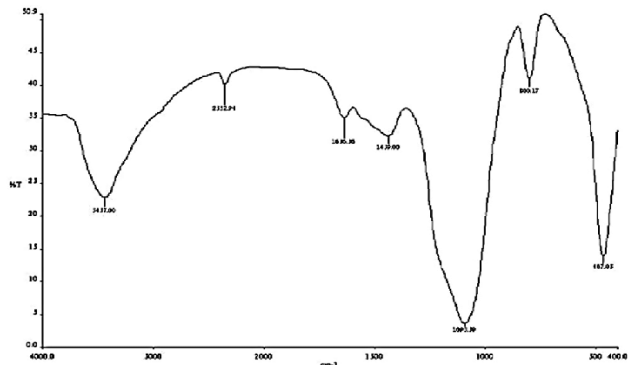
(b)

Gambar 3. Spektra FTIR

(a): Silika [20]. (b): Kitosan[21].

Spektra FTIR rasio Silika kitosan 2:1 dan Spektra FTIR rasio Silika kitosan 2:2 menunjukkan kemiripan dengan spektra FTIR kitosan pada rentang bilangan gelombang $4000-1000\text{ cm}^{-1}$ dan

menunjukkan kemiripan dengan spektra FTIR Silika pada rentang bilangan gelombang 1000 cm^{-1} ke bawah.



Gambar 4. Spektra FTIR Silika-kitosan [22]

Beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan bilangan gelombang dan intensitas pada hasil modifikasi antara kitosan dan Silika antara lain Silika dan kitosan telah berinteraksi; adanya kemungkinan Silika terikat pada gugus amida; dan pengaruh adanya koagulasi melalui perendaman pada larutan alkali [20].

Gambar 4 menunjukkan puncak-puncak spektra FTIR Silika-kitosan pembanding memiliki kemiripan dengan spektra FTIR Silika-kitosan pada penelitian ini dengan rentang bilangan gelombang yang berdekatan. Perbedaannya pada spektra FTIR Silika-kitosan pembanding memiliki puncak ikatan C=O dan intensitas atau ketinggian puncak bilangan gelombangnya berbeda.

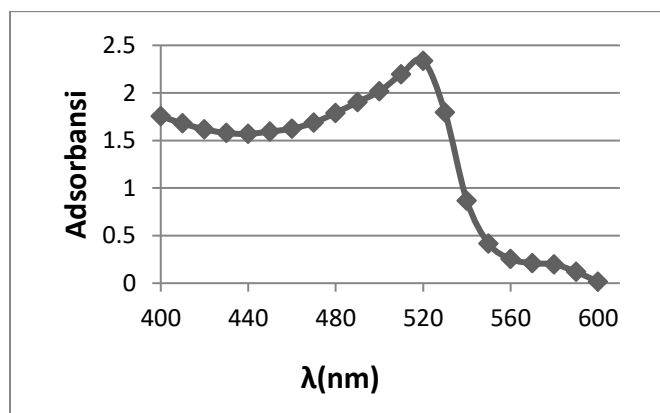
Tabel 2 Bilangan gelombang FTIR

Jenis Vibrasi	Bilangan gelombang (cm^{-1})			
	Silika	kitosan	Rasio Silika-kitosan	
			2:1	2:2
-OH	3466; 1633	3452	3361,09	3288,78
C-H		2877; 1381	1407,58	1409,15
C=O		1651		
N-H		1597	1559,61	1556,93
Si-O	1095			
C-O		1087; 1033	1031,18	1016,62
Si-O-Si	464		413,84	405,78

Hal ini dikarenakan perbedaan bahan sintesis pada Silika-kitosan pembanding yang memakai Silika dari bambu dan kitosan dari

cangkang kepiting; serta bahan pelarut dalam proses modifikasi yang berbeda yang memakai larutan etanol dan heptana.

Hasil dari pengujian panjang gelombang optimum dari larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin (Gambar 5) menunjukkan hasil pengukuran absorbansi logam Fe terdapat pada panjang gelombang sinar tampak diperoleh panjang gelombang maksimum untuk logam Fe adalah 520 nm. Pada penelitian ini penentuan panjang gelombang maksimum untuk kompleks Besi (II)-fenantrolin diukur pada rentang panjang gelombang 400-600 nm, karena kompleks Besi (II)-fenantrolin mempunyai warna komplementer merah jingga yang mempunyai rentang panjang gelombang tersebut [21].



Gambar 5. Spektrum Absorbansi Logam Fe

Panjang gelombang maksimum ini yang akan digunakan pada pengukuran absorbansi selanjutnya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Pembuatan kurva standar logam Fe dilakukan dengan menggunakan larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin pada konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm yang diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 520 nm.

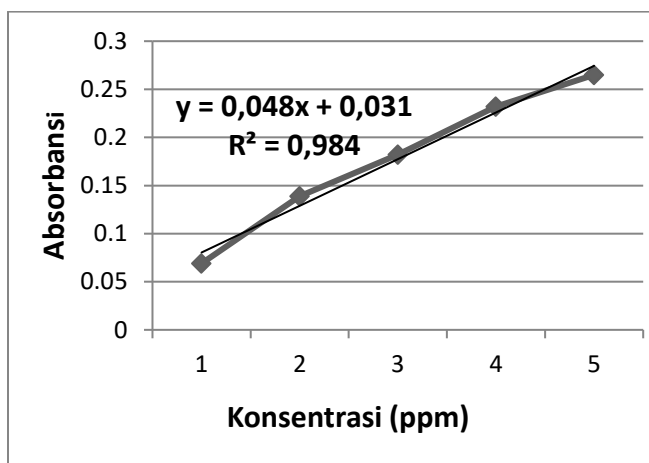
Data absorbansi yang diperoleh dapat digunakan untuk membuat kurva standar dan regresi liniernya. Berdasarkan data hasil perhitungan regresi linier diperoleh data seperti pada Tabel 3 dan kurva standar larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 3. Data Kalibrasi Larutan Kompleks Besi (II)-fenantrolin

Parameter Regresi Linier	Larutan Kompleks Besi (II)-fenantrolin
Persamaan Linier R^2	$y = 0,0485x + 0,0319$ $R^2 = 0,9842$

Dari kurva standar pada Gambar 6 yang menghubungkan antara absorbansi dan konsentrasi larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin, menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi Larutan Kompleks Besi (II)-fenantrolin, semakin besar pula nilai absorbansinya dan dapat diketahui korelasi dengan hasil nilai R^2 yang mendekati 1 yaitu 0,9842 seperti pada tabel 2 dan garis gradien positif.

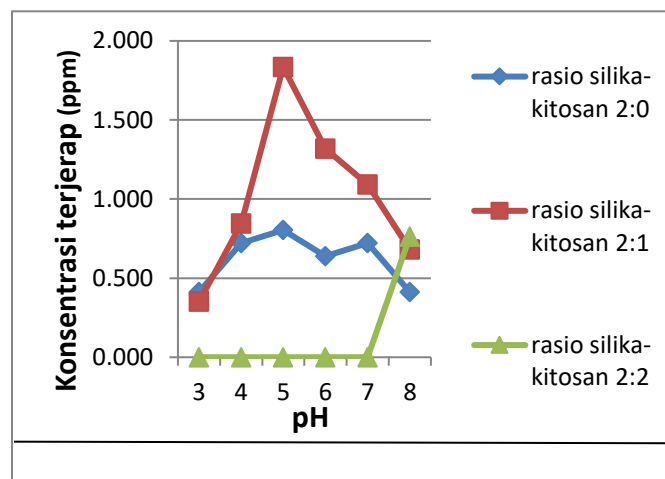
Persamaan regresi yang diperoleh dapat digunakan untuk pengukuran konsentrasi penentuan kondisi pH dan waktu kontak larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin.



Gambar 6. Kurva Standar Larutan Kompleks Besi (II)-Fenantrolin

Penentuan pH optimum adsorpsi logam Fe ini dilakukan untuk mengetahui pH yang paling baik dalam proses adsorpsi dengan menggunakan beberapa variasi pH larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin yaitu 3, 4, 5, 6, 7, dan 8.

Kurva hasil penentuan pH optimum adsorpsi larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin dengan Silika dan Silika-kitosan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva Hasil Penentuan pH Optimum

Dari gambar 7 dapat diketahui bahwa pH optimum adsorpsi dari larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin terjadi pada rasio Silika-kitosan 2:0 dan 2:1 pada pH 5. Adsorpsi optimum rasio Silika-kitosan 2:0 dan rasio Silika-kitosan 2:1 pada pH 5 sebesar 0,804 ppm dan 1,835 ppm.

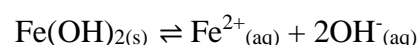
Untuk Rasio Silika-kitosan 2:2 tidak dapat ditentukan pH optimum karena terjadi pelarutan kitosan pada pH 2 sampai dengan 7 larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin yang menyebabkan kekeruhan pada larutan tersebut sehingga tidak dapat diujikan menggunakan spektrofotometer.

Hal ini kemungkinan disebabkan tidak sempurnanya modifikasi Silika-kitosan sehingga sebagian kitosan tidak berikatan dengan Silika.

Selain itu dari Gambar 7 juga menunjukkan kecenderungan proses adsorpsi meningkat pada pH 3-5 dan menurun setelah pH 5. Secara teori kelarutan logam Fe akan meningkat seiring menurunnya pH karena logam akan larut dalam kondisi asam dengan nilai K_{sp} $Fe(OH)_2$ sebesar 8×10^{-16} dan $Fe(OH)_3$ sebesar 1×10^{-36} .

Oleh karena kelarutan logam Fe yang tinggi pada pH rendah menyebabkan rendahnya adsorpsi oleh adsorben. Sebaliknya, kenaikan pH menyebabkan kelarutan logam Fe menurun sehingga memungkinkan meningkatnya adsorpsi oleh adsorben.

Semakin besarnya nilai pH menunjukkan semakin banyak konsentrasi ion OH^- di dalam larutan seperti ditunjukkan persamaan berikut.



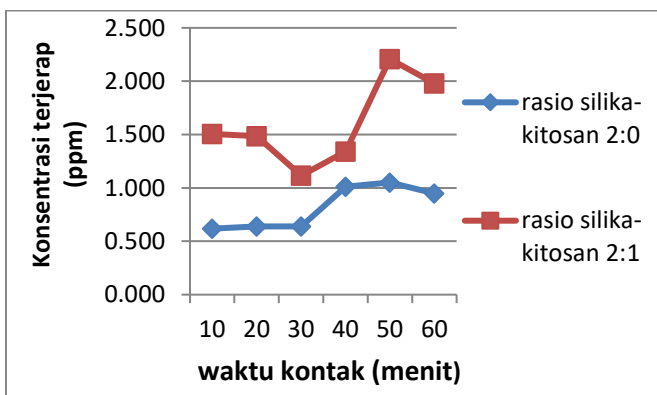
Berdasarkan Asas Le Chatelier, kesetimbangan akan bergeser ke arah kiri apabila konsentrasi arah kanan ditambahkan. Dengan semakin besarnya nilai pH menunjukkan semakin banyak konsentrasi ion OH^- di dalam larutan tersebut dan endapan yang terbentuk semakin banyak.

Adsorpsi oleh adsorben terlihat menurun setelah mencapai pH 5 dikarenakan pada kondisi pH yang lebih tinggi kemampuan adsorpsi berkurang dengan adanya kelebihan ion hidroksil yang berkompetisi dengan adsorbat untuk berinteraksi pada permukaan adsorben [22].

Penentuan waktu kontak optimum larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin dilakukan untuk mengetahui waktu kontak larutan yang paling baik dalam proses adsorpsi.

Kurva hasil penentuan waktu optimum adsorpsi larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin dengan rasio Silika-kitosan 2:0 dan rasio Silika-kitosan 2:1 dapat dilihat pada Gambar 8.

Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 8 dapat diketahui bahwa waktu optimum adsorpsi larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin oleh rasio Silika-kitosan 2:0 dan rasio Silika-kitosan 2:1 pada menit ke 50. Adsorpsi optimum rasio Silika-kitosan 2:0 dan rasio Silika-kitosan 2:1 pada menit ke 50 sebesar 1,052 ppm dan 2,208 ppm.



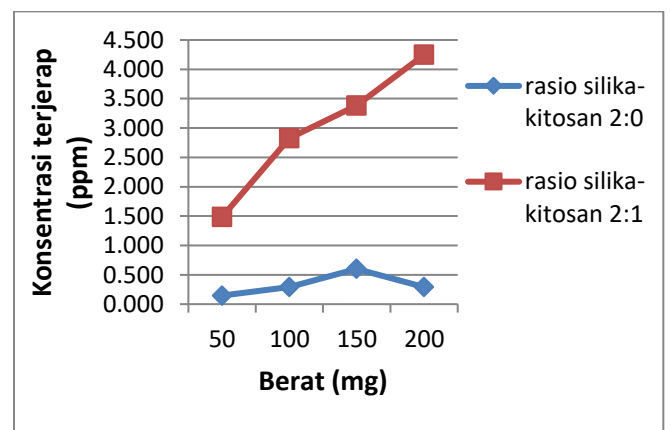
Gambar 8. Kurva Hasil Penentuan Waktu Optimum

Dari Gambar 8 menunjukkan kecenderungan proses adsorpsi meningkat sampai menit ke 50 dan menurun setelah menit ke 50. Peningkatan adsorpsi terjadi karena semakin lama waktu kontak akan

semakin banyak rasio Silika-kitosan 2:0 dan rasio Silika-kitosan 2:1 berinteraksi dengan larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin sehingga adsorpsi meningkat. Penurunan adsorpsi terjadi karena lapisan luar pada permukaan adsorben telah jenuh atau telah tertutup adsorbat sehingga kemampuan adsorpsi berkurang.

Penentuan berat optimum larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin ini dilakukan untuk mengetahui berat adsorben yang paling baik dalam proses adsorpsi.

Kurva hasil penentuan berat optimum adsorpsi larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin dengan rasio Silika-kitosan 2:0 dan rasio Silika-kitosan 2:1 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kurva Hasil Penentuan Berat Optimum

Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 9 dapat diketahui bahwa berat optimum adsorpsi larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin oleh rasio Silika-kitosan 2:0 pada berat 150 mg dan rasio Silika-kitosan 2:1 pada berat 200 mg.

Adsorpsi optimum rasio Silika-kitosan 2:0 dan rasio Silika-kitosan 2:1 berturut-turut sebesar 1,200 ppm dan 4,247 ppm.

Dari Gambar 9 menunjukkan adanya kecenderungan proses adsorpsi meningkat sampai berat 150 mg pada rasio Silika-kitosan 2:0 dan sampai berat 200 mg pada rasio Silika-kitosan 2:1.

Peningkatan adsorpsi pada rasio Silika-kitosan 2:0 dan rasio Silika-kitosan 2:1 terjadi karena semakin banyak adsorben rasio Silika-kitosan 2:0 dan rasio Silika-kitosan 2:1 yang dapat berinteraksi dengan larutan kompleks Besi (II)-fenantrolin maka semakin meningkat adsorbat yang

dapat dijerap. Pada rasio Silika-kitosan 2:0, massa yang lebih tinggi dari 150 mg terjadi penurunan konsentrasi adsorpsi.

Penurunan konsentrasi adsorpsi disebabkan karena adsorben telah mengalami penggumpalan (aglomerasi), yang mengakibatkan konsentrasi adsorbat yang terserap semakin berkurang sehingga semakin banyak Silika yang ditambahkan semakin sedikit adsorbat yang terjerap [23].

Sampel Air sumur pada penelitian ini diambil pada tanggal 31 oktober 2019 pukul 07.31 WIB di kelurahan Kandang Limun, Kota Bengkulu dengan koordinat 3°45'27.9"LS 102°17'00.1"BT. Penentuan adsorpsi logam Fe dalam air sumur ini dilakukan untuk mengetahui adsorpsi logam Fe pada kondisi optimum dengan temperatur ruang pada suhu 28°C.

Temperatur ruang dipilih karena menurut Wijayanti dan Kurniawati [24] semakin tinggi suhu pada proses adsorpsi, maka pergerakan ion semakin cepat sehingga jumlah ion logam berat yang terserap oleh adsorben semakin berkurang. Pendapat tersebut didukung oleh data suhu optimum adsorpsi ion Fe pada 30°C [25] dan adsorpsi *reactive blue* dan *reactive red* optimum pada suhu 30°C [26].

Hasil adsorpsi rasio Silika-kitosan 2:0 dan rasio Silika-kitosan 2:1 terhadap logam Fe masing-masing ditunjukkan pada Tabel 4.

Air sumur yang digunakan pada penelitian ini berwarna bening kekuningan sebagai tanda kandungan logam Fe yang cukup tinggi.

Hasil uji spektrofotometer menunjukkan kandungan besi dalam sampel air sumur di atas kadar besi maksimum dalam air yaitu sebesar 0,827 ppm dengan kadar maksimum besi dalam air minum yang ditetapkan pemerintah sebesar 0,3 ppm.

Tabel 4. Hasil Adsorpsi Logam Fe Dalam Sampel Air Sumur

Adsorben	C awal (ppm)	C akhir (ppm)	C terserap (ppm)	Efisiensi (%)
Silika-kitosan 2:0	0,827	0,291	0,536	64,838
Silika-kitosan 2:1	0,827	0,085	0,742	89,776

Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 4 dapat diketahui air sumur yang menggunakan rasio Silika-kitosan 2:0 sebagai adsorben mempunyai kadar besi sebesar 0,291 ppm dengan efisiensi adsorpsi 64,838% dan pada air sumur yang menggunakan rasio Silika-kitosan 2:1 sebagai adsorben mempunyai kadar besi sebesar 0,085 ppm dengan efisiensi adsorpsi 89,776% sehingga air sumur layak dikonsumsi karena kadar besi yang terkandung di bawah 0,3 ppm.

Data tersebut juga menunjukkan kemampuan adsorpsi pada rasio Silika-kitosan 2:1 lebih tinggi dibanding rasio Silika-kitosan 2:0 atau Silika yang dimodifikasi dengan kitosan membuat kemampuan adsorpsinya meningkat dibanding Silika yang tidak dimodifikasi.

Keberadaan K₂O dalam adsorben kemungkinan memberi pengaruh pada kemampuan adsorpsi. oksida logam termasuk K₂O dapat larut dalam larutan asam klorida. Pada penelitian ini, kemungkinan K₂O yang larut dalam larutan adsorbat pada pH 5 sehingga meninggalkan pori-pori yang menyebabkan adsorpsi lebih tinggi [27].

Selain karena K₂O yang terlarut, pada rasio Silika-kitosan 2:1 terjadi interaksi antara Silika dengan kitosan ini menyebabkan adanya pembukaan rongga atau celah sehingga menjadikan adsorben tersebut memiliki pori.

Adsorpsi ion logam Fe pada rasio Silika-kitosan 2:1 lebih tinggi dibanding rasio Silika-kitosan 2:0 karena pori-pori pada rasio Silika-kitosan 2:1 lebih banyak dibanding rasio Silika-kitosan 2:0. Pori-pori yang lebih banyak artinya memiliki luas permukaan yang lebih besar dan semakin besar luas permukaan maka adsorpsi yang terjadi makin besar karena kemungkinan zat yang menempel pada permukaan adsorben bertambah [28].

Penambahan gugus fungsi pada adsorben juga mempengaruhi pada kemampuan adsorpsi menjadi lebih tinggi karena bertambahnya interaksi antara adsorben dan adsorbat.

Silika gel mempunyai gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) sebagai situs aktifnya. Modifikasi Silika-kitosan membuat situs aktif pada Silika bertambah dengan adanya gugus amina (NH₂) dari kitosan.

Adanya gugus lain yang merubah sifat lunak atau kerasnya basa ini memungkinkan terjadinya

adsorpsi dengan cara pembentukan kompleks dengan ion logam dan apabila gugus penggantinya bersifat ionik, adsorpsi dapat terjadi dengan cara pertukaran ion [29].

Hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa Silika gel modifikasi memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi dibanding Silika gel biasa. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ardana [30] yang melakukan penelitian tentang adsorpsi logam Ni(II) dan Cd(II) menggunakan Silika gel dan Silika-kitosan sebagai adsorben dengan hasil yang menunjukkan kemampuan adsorpsi Silika-kitosan lebih tinggi dibanding Silika gel.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa

1. Modifikasi antara silika dan kitosan berhasil dilakukan ditandai adanya gugus NH pada spektra FTIR silika-kitosan modifikasi dan bentuk puncak spektra yang mirip dengan spektra FTIR pada penelitian sebelumnya.
2. Kemampuan adsorpsi pada rasio silika-kitosan 2:1 lebih tinggi dibanding rasio silika-kitosan 2:0 dan pada sampel air sumur dengan kondisi optimum. Konsentrasi adsorpsi logam Fe pada rasio silika-kitosan 2:1 sebesar 0,742 ppm dengan efisiensi adsorpsi 64,838% dan adsorpsi rasio silika-kitosan 2:0 sebesar 0,577 ppm dengan efisiensi adsorpsi 89,776%.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka tahapan selanjutnya dan perbaikan yang perlu dilakukan adalah lakukan uji kualitatif -NH₂ sebagai alternatif yang lebih murah dibanding FTIR untuk menguji keberhasilan modifikasi dari silika-kitosan dan dilakukan pencucian silika hasil sintesis dengan lebih baik untuk mengurangi kadar logam oksida yang terkandung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiana, M. 22 Maret 2010. *Air Bersih Untuk Dunia*. <https://www.dw.com/id/air-bersih-untuk-dunia/a-5379327> (Diakses pada tanggal 26 Januari 2019).
- [2] Geost, F. 13 Maret 2016. *Pengertian, Jenis, Manfaat, dan Pencemaran Air Tanah*. <https://www.geologinesia.com/2016/03/pengertian-jenis-manfaat-dan-pencemaran-air-tanah.html> (Diakses pada tanggal 26 Januari 2019).
- [3] Febrina, L., dan Astrid Ayuna., Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik, *Jurnal Teknologi*, 2015 : 7 (1) : 35 – 44.
- [4] Adeko, R., dan Defi Ermayendri. Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dengan Kombinasi Limbah Batubara Dan Limbah Tempurung Kemiri di Sumur Gali Warga Padang Serai Kota Bengkulu. *Journal of Nursing and Public Health*, 2017 : 5 (2): 68-72.
- [5] Said, N.I., Metoda Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Di Dalam Penyediaan, *Jurnal Air Indonesia*, 2005, 1 (3): 239- 250.
- [6] Bempa, S.H.L, dan Wiwin Rewini Kunusa, Karbon Aktif Teraktivasi ZnCl₂ sebagai Adsorben Logam Fe (III) Di Limbah Laboratorium Universitas Negeri Gorontalo, *Jambura Journal Of Chemistry*, 2020, 1 (1): 17-26
- [7] Harimu, L., Aceng Haetami, Citra Purnama Sari, Haeruddin, dan Nurlansi, Perbandingan Kemampuan Aerasi Sembur (Spray) dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Adsorben Serbuk Kulit Buah Kakao untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan Pada Air Sumur Gali, *Indonesian Journal of Chemical Research*, 2020, 8(2): 137-143.
- [8] Patil, R, Rajendra Dongre, and Jyotsna Meshram. Preparation of Silica Powder from Rice Husk. *IOSR Journal of Applied Chemistry*.,2014: 26-29.
- [9] Handayani, P.A.,Eko Nurjanah, dan W.D.Pita Rengga. Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 2015: 4 (2): 55-59.
- [10] Meriatna, Leni Maulinda, Munawar Khalil, dan Zulmiardi, Pengaruh Temperatur Pengeringan Dan Konsentrasi Asam Sitrat Pada Pembuatan Silika Gel Dari Sekam Padi, *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*,

- 2015: 4 (1): 78 - 88
- [11] Astuti, M.D., Radna Nurmasari, dan Dwi Rasy Mujiyanti, Imobilisasi 1,8-Dihidroxy anthraquinon Pada Silika Gel Melalui Proses Sol-Gel, *Sains dan Terapan Kimia*, 2012, 6(1): 25-34
- [12] Sulastri, S. *Modifikasi Silika Gel dalam Kaitannya dengan Peningkatan Manfaat*. Prosiding pada Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 2009. ISBN 978-979-96880-5-7
- [13] Yusmaniar, dan Maria Paristiowati Nathasya Jofita. Sintesis Dan Uji Adsorpsi Silika Termodifikasi 3-Aminopropil trietoksisilan (APTS) Pada Logam Cu (II) dalam Larutan. *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan*, 2014: 4(2) : 383-393.
- [14] Hongjie, W., Kang Jin, Liu Huijuan, and Qu Jiuhui. Preparation of Organically Functionalized Silica Gel as Adsorbent for Copper Ion Adsorption. *Journal of Environmental Sciences*, 2009: 21(11): 1473-1479.
- [15] Ardana, S.K., E.Budi Susatyo dan F.Widhi Mahatmanti. Sintesis Silika-Kitosan Bead untuk Menurunkan Kadar Ion Cd(II) Dan Ni(II) dalam Larutan. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2014: 3 (3): 193-197.
- [16] Prambaningrum, W., Khabibi, dan M.Cholid Djunaidi. Adsorpsi Ion Besi(III) dan Kadmium(II) Menggunakan Gel Kitosan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 2009: 12(2): 47-51.
- [17] Banaei, A., Sanaz Samadi, Soheyla Karimi, Hossein Vojoudi, Eslam Pourbasheer, and Alireza Badiei. Synthesis of Silica Gel Modified with 2,2'-(hexane-1,6-diylbis(oxy))dibenzaldehyde as a New Adsorbent for The Removal of Reactive Yellow 84 and Reactive Blue 19 - dyes from Aqueous Solutions: Equilibrium and Thermodynamic Studies. *Powder Technology*, 2017: 219: 60-70.
- [18] Trivana., L., Sri Sugiarti dan Eti Rohaeti, Sintesis Dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na_2SiO_3) Dari Sekam Padi, *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 2015, 7(2): 66-75
- [19] Prasad, R., and Monika, P., Rice husk ash as a renewable source for the production of value added silica gel and its application: an overview. *Bulletin of chemical engineering & catalysis*, 2012, 7(1): 1-25
- [20] Bokau, N.S., Eko Budi Susatyo dan Mohammad Alauhdin, Sintesis Membran Kitosan Termodifikasi Silika Abu Sekam Padi Untuk Proses Dekolorisasi, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2014, 3 (1) : 42-49.
- [21] Anjarsari, N., dan R. Djarot Sugiarto K. S., Analisa Gangguan Ion Merkuri(II) terhadap Kompleks Besi(II)-Fenantrolin Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis, *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 2015, 4(2): C139-C142
- [22] Rahmawati, A., Pengaruh Derajat Keasaman Terhadap Adsorpsi Logam Kadmium (II) Dan Timbal (II) Pada Asam Humat, *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, 2011, 12 (1): 1 - 14
- [23] Karimullah, R., Rina Elvia, dan Hermansyah Amir. Penentuan Parameter Adsorpsi Silika Sintetik Dari Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kandungan Ammonium Pada Limbah Cair Tahu. *Alotrop*, 2018: 2 (1): 66-71.
- [24] Wijayanti, I.E., dan Eka Anisa Kurniawati, Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Abu Gosok Sebagai Adsorben, *Edu Chemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 2019, 4(2): 175-184
- [25] Nurhasni, Florentinus Firdiyono, dan Qosim Sya'ban. Penyerapan Ion Aluminium dan Besi dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon Aktif. *Valensi*, 2012: 2 (4): 516-525
- [26] Aisyahlika, S.Z., M.Lutfi Firdaus, dan Rina Elvia. Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odollam*) Terhadap Zat Warna Sintetis *Reactive Red-120* Dan *Reactive Blue-198*. *Alotrop*, 2018: 2 (2): 148-155.
- [27] Verayana, Mardjan Paputungan, dan Hendri Iyabu, Pengaruh Aktivator HCl dan H_3PO_4 Terhadap Karakteristik

- (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb), *Jurnal Entropi* , 2018, 13(1): 67-75
- [28] Yustinah, Hudzaifah, Maya Aprilia, dan Syamsudin AB, Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch, *Konversi* , 2020 , 9 (1): 17-27.
- [29] Agusriyadin, Karakterisasi, Kinetika, dan Isoterm Adsorpsi Limbah Ampas Kelapa sebagai Adsorben Ion Cu(II), *Saintifik: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya* , 2020 , 6 (2): 104-115
- [30] Masrofah, I., Kajian Pemanfaatan Silika dari Sekam Padi dalam Pengolahan Limbah Tekstil, *Jurnal Media Teknik & Sistem Industri*, 2017, 1: 60-65

Penulisan Sitasi Artikel ini adalah :

Putra, R., Rina Elvia, dan Hermansyah Amir, , Sintesis Silika-Kitosan Untuk Menurunkan Kadar Ion Besi Dalam Air Permukaan , *Alotrop*, 2022, 6(1): 15-26.