

Studi Adsorpsi Logam Fe (III) Menggunakan Komposit Kitin Silika Sekam Padi

Study of Fe (III) Adsorption Using Rice Husk Chitin-Silica Composites

Muftihatu Rahma¹⁾, Hasri^{1)*}, Diana Eka Pratiwi¹⁾

¹⁾Jurusan Kimia/Program Studi Kimia, Universitas Negeri Makassar

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pH optimum dan kapasitas adsorpsi logam Fe (III) menggunakan komposit Kitin-silika sekam padi. Metode yang digunakan meliputi pembuatan natrium silikat, pembuatan komposit kitin-silika, penentuan pH optimum dan kapasitas adsorpsi terhadap logam Fe (III). Pembuatan natrium silikat dilakukan dengan pelarutan menggunakan NaOH. Komposit kitin-silika sekam padi dibuat dengan mereaksikan larutan natrium silikat dengan kitin. Karakterisasi komposit kitin-silika meliputi analisis gugus fungsi menggunakan FTIR dan analisis morfologi menggunakan SEM. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi pH (2-6), variasi konsentrasi (50-150 ppm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH optimum pada adsorpsi logam Fe (III) adalah 4 dengan daya adsorpsi sebesar 91,42%. Kapasitas adsorpsi logam Fe (III) dengan konsentrasi 50, 80, 100 dan 150 ppm berturut-turut adalah 31,49 mg/g; 69,69mg/g; 89,83 mg/g dan 138,57 mg/g. Adsorpsi logam Fe (III) lebih sesuai untuk model isotherm Langmuir dibandingkan dengan Freundlich dengan nilai $R^2 = 0,9414$.

Kata kunci: Sekam padi, Adsorpsi, Kitin-silika, Isotherm dan Logam berat

ABSTRACT

This study aims to determine the optimum pH and adsorption capacity of Fe(III) metal adsorption using chitin- silica composite rice husk. The research phase includes the manufacture of sodium silicate, manufacture of chitin- silica composites, determination of optimum pH and adsorption capacity of Fe(III) metals. Preparation of sodium silicate is done by dissolving using NaOH. Chitinsilica rice husk composites were prepared by reacting sodium silicate solution with chitin. The characterization of chitin-silica composites included functional group analysis using FTIR and morphological analysis using SEM. The adsorption process was carried out with variations in pH (2-6), variations in concentration (50-150 ppm). The results showed that the optimum pH for the adsorption of Fe(III) metals was 4 with the adsorption power 91,42%. The adsorption capacity of Fe(III) metal with concentrations of 50, 80, 100 and 150 ppm were 31.49 mg/g, respectively; 69.69mg/g; 89.83

* Korespondensi:
email: hasriu@unm.ac.id

mg/g and 138.57 mg/g. The adsorption of Fe(III) metal is more suitable for the Langmuir isotherm model compared to Freundlich with a value of $R^2 = 0.9414$.

Keywords: Rice husk, Adsorption, Chitin- silica, Isotherm and Heavy metals.

PENDAHULUAN

Logam berat seperti besi (Fe) merupakan logam berat yang dimanfaatkan dalam kehidupan manusia. Limbah logam berat dapat berasal dari limbah cair yang merupakan hasil samping dari aktivitas industri. Ion logam Fe(III) termasuk logam berat esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, tetapi dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek racun, seperti muntah-muntah, gusi berdarah, kerusakan usus dan kanker hingga mati mendadak Metode untuk mengurangi logam berat dari air limbah telah banyak dikembangkan, antara lain metode penukar ion, pengendapan secara elektrolisis, penyerapan (adsorpsi). Salah satu metode untuk menurunkan kadar logam berat yang banyak digunakan adalah adsorpsi karena metode ini yang paling efektif dan ekonomis serta ramah lingkungan (Mulyasuryani, 2013) dan menggunakan peralatan yang relatif sederhana dibandingkan dengan metode yang lainnya. Proses adsorpsi didasarkan atas interaksi ion logam dengan gugus fungsional komposit (Hasri, 2015). Metode adsorpsi dapat menggunakan biopolimer, salah satunya adalah kitin. Kitin merupakan polimer alam yang melimpah dan banyak digunakan sebagai komposit, untuk meningkatkan daya adsorpsi dari kitin, diperlukan sebuah modifikasi dengan menggunakan silika. Silika dari abu sekam padi merupakan komposit yang baik karena mempunyai luas permukaan yang besar (200-250 m²/g) dengan ukuran partikel 1-10 µm. Silika dapat meningkatkan porositas kitin, sehingga dengan adanya penggunaan kitin-silika sebagai komposit diharapkan dapat memperoleh hasil adsorpsi ion logam Fe (III) yang lebih baik (Mulyasuryani, 2013). Modifikasi kitin dan silika ini diharapkan dapat menghasilkan komposit dengan karakter yang lebih baik misalnya memperkecil ukuran pori-pori komposit sehingga pemisahan molekul- molekul dari suatu komposit lebih efektif (Yunianti, 2012).

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen meliputi penyiapan sampel, pembuatan larutan, pembuatan natrium silikat, pembuatan komposit kitin-silika dan adsorpsi.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-Desember 2020, sintesis kitin-silika dari sekam padi dilaksanakan di Laboratorium Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNM, karakterisasi sampel menggunakan FTIR dilakukan di Laboratorium Kimia Terpadu Universitas Hasanuddin Makassar, analisis menggunakan Spektrofotometri serapan atom dilakukan di Laboratorium.

Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral, karakterisasi menggunakan SEM dilakukan di Laboratorium Mikrostruktur Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, pH meter, peralatan gelas, magnetic stirrer, corong Buchner, krus porselen, ayakan 100 mesh, Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) varian Spektra AA 240, Fourier Transform Infra Red (FTIR) merk Shimadzu, Scanning Electron Microscope (SEM) merk JEOL JCM6000 Plus, oven UN 55 53L, cawan porselen, botol ulir. Bahan-bahan yang digunakan adalah aquades (H_2O), HCl 0,1M, NaOH 0,1M, HCl 6M, NaOH 6M, padatan $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, padatan $CrCl_3 \cdot 6H_2O$, aquabidest, kertas saring Whatman, kertas saring biasa.

Prosedur Penelitian 1. Pembuatan Larutan Pembuatan Larutan Baku Fe (III) 1000 ppm

Larutan Fe (III) dibuat dengan menimbang 0,0484 gram $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ dan dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL. Selanjutnya, ditambahkan dengan aqua DM hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen.

1. Pembuatan Larutan Natrium Silikat (Na_2SiO_3)

Sebanyak 20 gram silika dari sekam padi 100 mesh dicuci dengan 150 mL HCl 6 M dan dinetralkan dengan aquades (pH 7). Hasil pencucian dikeringkan dalam oven. Abu sekam padi kering kemudian ditambahkan dengan 158 mL NaOH 6 M, kemudian dididihkan sambil diaduk dengan magnetic stirrer hingga diperoleh larutan kental. Selanjutnya dipanaskan dalam tanur dengan suhu 500 °C selama 30 menit. Padatan didinginkan dan direndam dalam 200 mL aquabidest selama 24 jam dan disaring menggunakan kertas saring Whatman. Filtrat yang diperoleh merupakan natrium silikat (Na_2SiO_3).

2. Pembuatan Komposit Kitin-Silika Sekam Padi

Larutan natrium silikat dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer kemudian ditambahkan dengan kitin dengan perbandingan 4:1 (v/m), diaduk menggunakan magnetic stirrer hingga homogen. Larutan kitin-silika yang terbentuk didiamkan selama 30 menit kemudian disaring dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Komposit kitin-silika yang terbentuk digunakan dalam penentuan optimasi pH pada adsorpsi logam Fe (III).

3. Penentuan kondisi pH Optimum Adsorpsi ion Logam Fe (III)

Masing-masing larutan Fe(III) dengan konsentrasi 100 ppm 25 mL diatur keasamannya pada pH 2,3,4.5 dan 6 dengan larutan HCl dan NaOH, dan diencerkan dengan larutan dengan pH yang sama, kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 100 mL. Setelah itu, ditambahkan dengan 0,1 gram komposit kitin-silika. Masing-masing Erlenmeyer di shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 60 menit, kemudian larutan didiamkan selama 12 jam lalu disaring. Filtrat yang diperoleh dimasukkan ke dalam botol dan dianalisa menggunakan SSA.

4. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Logam Fe (III)

Sebanyak 100 mL logam Fe (III) dengan variasi 50, 80, 100 dan 150 ppm yang telah dikondisikan dengan pH optimum dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL yang telah berisi 0,1 gram komposit kitin-silika kemudian di shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 60 menit. Selanjutnya disaring dan filtrat diukur konsentrasinya menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

5. Penentuan Isoterm Adsorpsi

Penentuan kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$Q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V$$

Dimana:

Q_e = kapasitas adsorpsi (mg/g)

m = massa adsorben (g)

V = volume larutan ion logam Fe(III) (L)

Penentuan isoterm adsorpsi jenis Langmuir dapat dilakukan dengan membuat grafik lalu memplotkan data antara C_e/q_e dan C_e dan untuk model Freundlich data yang diplotkan adalah $\log q_e$ dengan $\log C_e$ sehingga diperoleh konstanta regresi linear (R^2) dan dipilih nilai yang paling mendekati angka 1.

Isoterm adsorpsi Langmuir dan dinyatakan sebagai :

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{aK} + \frac{1}{a} Q_e$$

sedangkan untuk model Freundlich dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\text{Log } q_e = \text{Log } k + 1/n \text{ Log } C_e$$

Dimana:

Q_e = jumlah adsorbat teradsorpsi per bobot adsorben (mg/g)

x = massa bahan yang teradsorpsi (mg)

a = konsentrasi maksimal di fase padat (mg/g)

K = tetapan kesetimbangan (L/mg)

n = konstanta empiris

HASIL DAN PEMBAHASAN

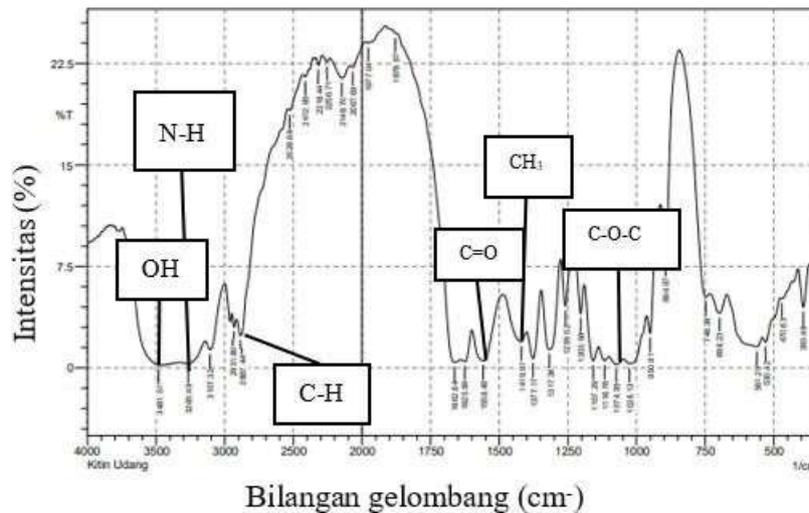
Preparasi Sampel

Preparasi bahan baku serbuk kitin udang diawali dengan menghaluskan kitin menggunakan blender. Proses penghalusan ini dilakukan agar menghasilkan serbuk kitin. Serbuk kitin yang sudah halus kemudian diayak dengan ayakan 100 mesh untuk memperoleh ukuran yang seragam. Hasil preparasi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Preparasi Kitin

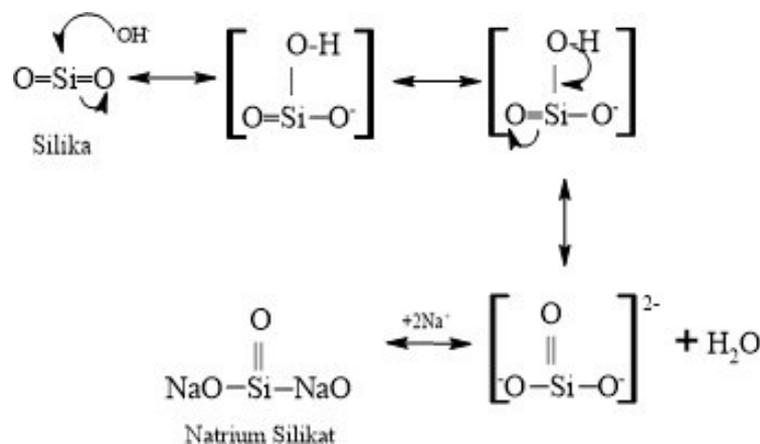
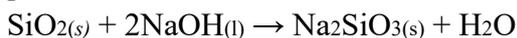
Serbuk kitin 100 mesh yang telah diperoleh kemudian di analisis menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada kitin. Adapun hasil FTIR kitin ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil FTIR Kitin (Hasri, 2015).

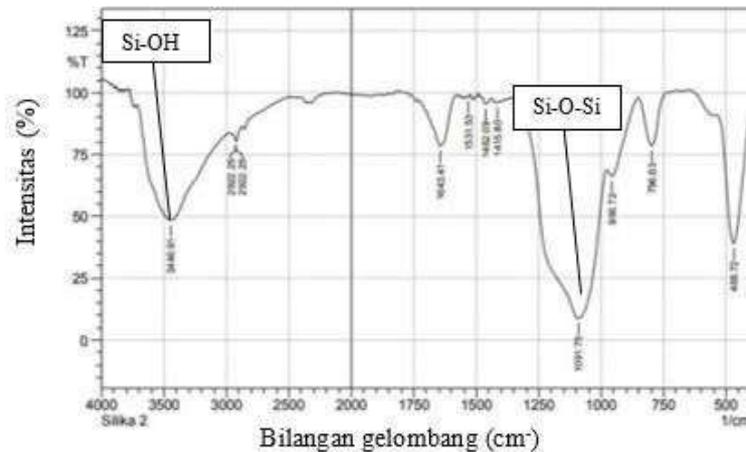
Pembuatan Larutan Natrium Silikat

Pembuatan natrium silikat dilakukan dengan menimbang silika, kemudian dicuci menggunakan larutan HCl. Pencucian menggunakan HCl bertujuan untuk melarutkan oksida lain selain SiO₂ berupa oksida-oksida logam seperti MgO, K₂O dan Ca₂O. Penggunaan HCl ini dikarenakan sifat kimia SiO₂ tidak larut/reaktif terhadap semua asam kecuali HF, sehingga tidak mengurangi rendemen SiO₂ yang terbentuk. Silika murni kemudian dilarutkan dalam NaOH dan dilakukan peleburan pada suhu 500°C. Peleburan pada suhu 500°C dengan pertimbangan titik lebur NaOH, yaitu 318°C sehingga pada suhu tersebut NaOH terdisosiasi sempurna membentuk ion Na⁺ dan OH⁻. Pemilihan NaOH didasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan oleh (Trivana, dkk. 2015) dimana NaOH memiliki titik leleh yang rendah, sehingga memudahkan pembentukan natrium silikat pada temperatur yang tidak terlalu tinggi. Larutan natrium silikat yang dihasilkan berwarna putih. Reaksi yang terjadi pada saat pembentukan natrium silikat adalah :



Gambar 3. Mekanisme reaksi pembentukan natrium silikat (Trivana, dkk. 2015)

Berdasarkan mekanisme reaksi pada Gambar 4.3 senyawa NaOH terdisosiasi membentuk ion Na⁺ dan ion OH⁻. Elektronegativitas atom O yang tinggi pada SiO₂ menyebabkan Si lebih elektropositif dan terbentuk intermediet (SiO₂OH)⁻ yang tidak stabil dan akan terjadi dehidrogenasi. Ion OH⁻ yang kedua akan berikatan dengan hydrogen membentuk molekul air dan dua ion Na⁺ akan menyeimbangkan muatan negative ion SiO₂- sehingga terbentuk natrium silikat (Munasir, dkk. 2013). Hasil spektrofotometer FTIR Natrium silika (Na₂SiO₃) dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan hasil spektrum serapan dapat dilihat pada Tabel 1.

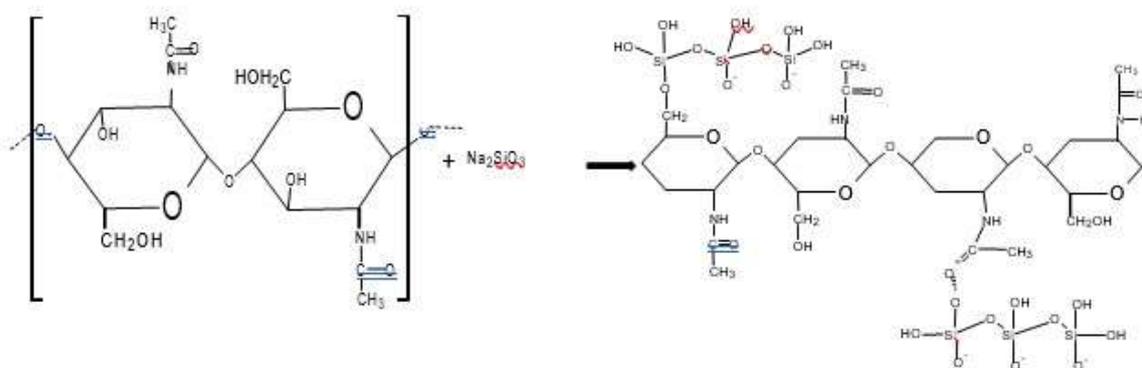


Gambar 4. Hasil spektrum FTIR Silika dari sekam padi (Thahir, dkk, 2021)

Karakterisasi sampel silika dari sekam padi dengan FTIR bertujuan untuk identifikasi gugus fungsional dari silika. Spektrum pada bilangan gelombang 1091,75 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus fungsi siloksan Si-O-Si. Ikatan Si-OH berada pada bilangan gelombang 3446,91 cm⁻¹. Berdasarkan literatur, bilangan gelombang dari ikatan Si-OH berada pada rentang 3570-3200, sedangkan untuk senyawa Si-O-Si berada pada rentang 1095-1075 cm⁻¹.

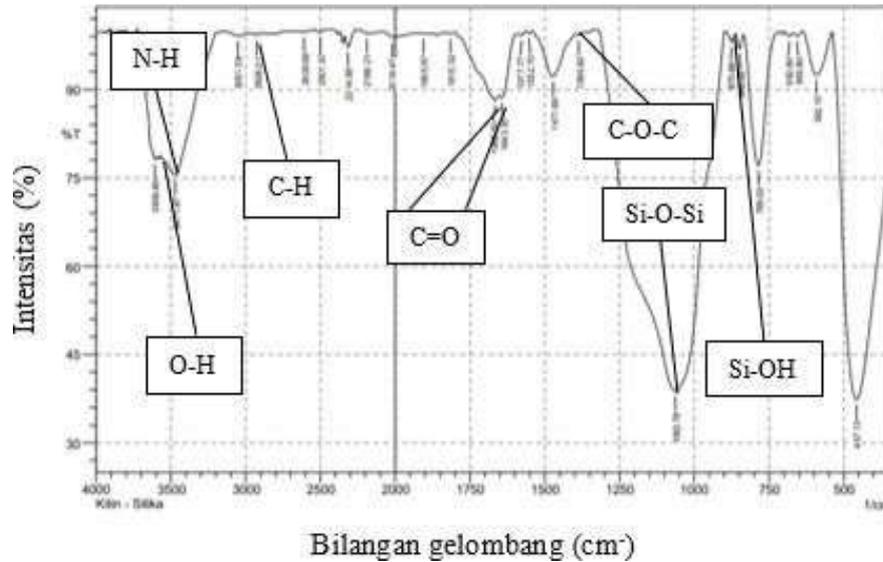
Pembuatan Komposit Kitin-Silika Sekam Padi

Pembuatan komposit kitin-silika sekam padi dilakukan dengan melarutkan kitin dengan larutan natrium silikat (Na₂SiO₃). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Reaksi kitin dengan natrium silika

Adapun spektrum hasil uji komposit kitin-silika sebagai berikut :



Gambar 6. Spektrum FTIR Komposit Kitin-Silika

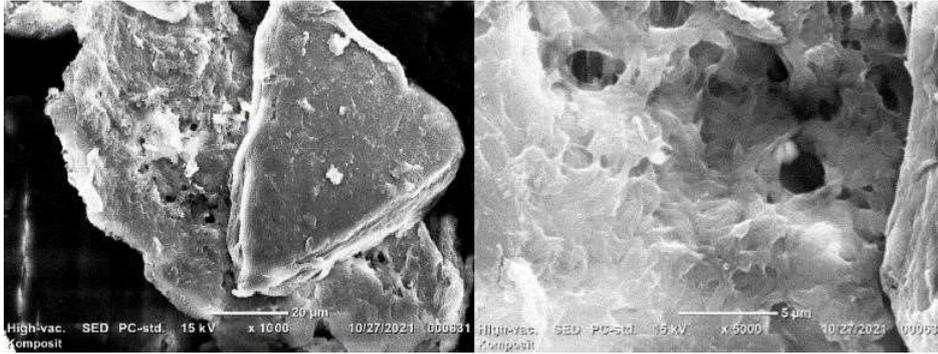
Hasil spektrum FTIR dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil spektrum FTIR

No.	Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)			
		Kitin Standar	itin	kulit ca sekam padi	ilika sekam padi
1	O-H	3200-3600	3481,51	-	3606,89
2	N-H primer	3500 – 3300	3265,49	-	3471,87
3	C-H ulur C=O ulur	2891,1	2887,44	-	2926,01
4	CH ₃	1560 –	1558.48	-	1666,50-1643,35
	C-O-C	1530	-	-	-
5	Si-O-Si	1419,5	1419.61	-	1386.82
6	Si-OH	1072,3	1074,35	1091,75	1062
7	-	-	-	1446,91	875.68
8	-	-	-	-	-

Berdasarkan analisis FTIR terjadi ikatan antara a-tom O pada gugus silika dengan atom C pada kitin. Pembuatan komposit kitin-silika dilakukan dengan mencampurkan larutan natrium silikat dan kitin dengan perbandingan 4:1 (v/m). Campuran kitin-silika yang terbentuk didiamkan selama 30 menit untuk mengetahui adanya endapan yang terbentuk. Hasil yang diperoleh disaring dan dikeringkan pada suhu kamar sehingga terbentuk komposit berupa serbuk berwarna putih kekuningan.

Komposit kitin-silika yang telah di analisis menggunakan FTIR selanjutnya di analisis menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM). Pengujian morfologi membran dilakukan menggunakan instrumen Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk melihat permukaan dan pori komposit



Gambar 7. Morfologi Komposit Kitin-Silika perbesaran perbesaran 1000 dan 5000x

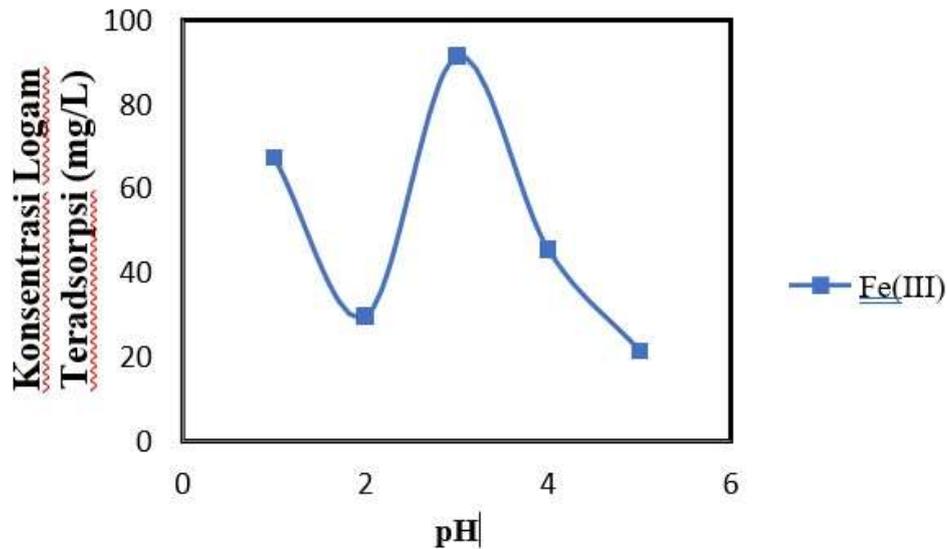
Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan bahwa morfologi kitin termodifikasi silika terlihat adanya pori yang menyebar dan tidak beraturan. Hasil SEM pada perbesaran 5000x menunjukkan bahwa komposit kitin-silika merupakan material berpori yang dapat digunakan sebagai adsorben ion logam Fe(III) karena dapat terjrap pada pori komposit kitin-silika.

Penentuan pH Optimum Logam Fe(III)

Tabel 2. Daya Adsorpsi Komposit Kitin-silika Terhadap Logam Fe(III) dengan variasi pH

pH	Konsentrasi yang terserap (mg/L)	Konsentrasi rata-rata (mg/L)	Adsorpsi (%)
2	69,00 65,69	67,35	67,35%
3	27,85 31,23	29,54	29,54%
4	93,23 89,62	91,42	91,42%
5	38,00 53,15	45,58	45,58%
6	18,77 24,23	21,50	21,50%

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa logam Fe(III) dengan komposit kitin-silika memiliki daya adsorpsi paling optimal terjadi pada pH 4 dengan daya adsorpsi rata-rata 91,42%. Hal ini terjadi karena pada pH rendah (asam) akan terjadi tolak menolak antara situs aktif komposit dengan ion logam sehingga mengakibatkan jumlah ion logam yang teradsorpsi juga semakin sedikit. Sedangkan pada pH yang tinggi (diatas pH optimum), jumlah ion logam yang teradsorpsi mengalami penurunan. Berdasarkan perhitungan nilai Qc dan Ksp, pada pH 5 nilai Ksp = $2,7 \times 10^{-35}$ dan nilai Qc = $1,7 \times 10^{-29}$, sedangkan pada pH 6 mempunyai nilai Ksp = $2,7 \times 10^{31}$ dan Qc = $1,7 \times 10^{-26}$. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai Qc > Ksp, dimana apabila nilai Qc lebih besar dari nilai Ksp maka larutan tersebut mengalami pengendapan. Hal ini terjadi karena ion Fe(III) cenderung lebih tertarik pada ion hidroksida dibandingkan pada gugus asetamida pada kitin, sehingga membentuk endapan Fe(OH)₃. Kurva perbandingan antara pH dengan konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva hubungan pH dengan konsentrasi terhadap logam Fe(III)

Penentuan Kapasitas Adsorpsi terhadap Logam Fe(III)

Kapasitas adsorpsi adalah kemampuan suatu adsorban dalam menyerap atau mengadsorpsi adsorbat (Deviyanti, et.al, 2014). Proses penyerapan atau adsorpsi oleh suatu adsorben dipengaruhi oleh banyak faktor, di antaranya jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat yang diadsorpsi, pH dan suhu. Untuk mengetahui hubungan antara daya serap dengan konsentrasi larutan maka dibuat grafik hubungan antara daya serap (mg/g) dengan konsentarsi awal (C_0). Hasil pengukuran tersebut dimasukkan kedalam grafik persamaan Freundlich dan persamaan Langmuir untuk menentukan pola isotherm yang sesuai dan besarnya kapasitas adsorpsi (Saputri, 2020).

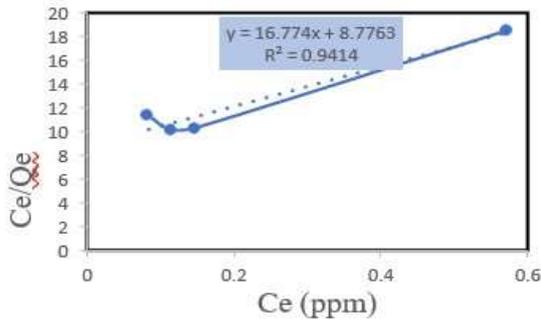
Data yang digunakan dalam penentuan isotherm adsorpsi yang sesuai untuk adsorben kitin-silika dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Isotherm adsorpsi logam Fe pada adsorben kitin-silika (C_0 = Konsentarsi awal; C_e = konsentrasi akhir setelah proses adsorpsi, dan Q_e = kapasitas adsorpsi)

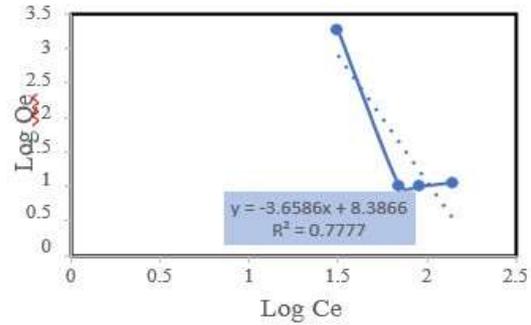
C_0 (ppm)	C_e (ppm)	Q_e (mg/g)	C_e/Q_e	Log C_e	Log Q_e
50	18,51	31,49	0,571	3,267	1,498
80	10,31	69,69	0,147	1,013	1,843
100	10,17	89,83	0,113	1,007	1,953
150	11,43	138,57	0,082	1,058	2,141

Berdasarkan kedua data pada tabel tersebut, maka dibuat grafik dengan memplotkan data yang tersedia untuk masing-masing adsorben dalam bentuk grafik.

Studi Adsorpsi Logam Fe (III) Menggunakan Komposit KitinSilika Sekam Padi



Gambar 9. Grafik Isoterm adsorpsi Langmuir logam Fe (III)



Gambar 10. Grafik Isoterm adsorpsi Freundlich logam Fe (III)

Berdasarkan grafik yang telah dibuat, diperoleh konstanta regresi linear (R^2) logam Fe (III) dengan konstanta regresi pola Langmuir lebih besar dibandingkan dengan Freundlich yaitu 0,9414. Hal ini berarti bahwa pada penelitian ini, adsorpsi logam Fe(III) dengan menggunakan komposit kitin-silika sekam padi lebih mengikuti pola isotherm adsorpsi model Langmuir daripada model Freundlich dengan asumsi bahwa, adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi secara kimia. Adsorpsi secara kimia terjadi karena adanya partikel melekat pada permukaan adsorben dengan membentuk ikatan kimia seperti ikatan kovalen (Fajar, 2019).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Kemampuan adsorpsi logam Fe(III) komposit kitin-silika berada pada pH optimum yaitu pH 4 dengan daya adsorpsi logam sebesar 91,42%.
2. Kapasitas adsorpsi logam Fe(III) menggunakan komposit kitin-silika mengikuti model isotherm adsorpsi Langmuir dengan nilai R^2 adalah 0,9414.

DAFTAR PUSTAKA

- Deviyanti, Deviyanti, Sumiati Side, dan Netti Herawati. 2014. Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Singkong terhadap Ion Logam Timbal (Pb^{2+}). *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia* 15.2 (2014): 58-65.
- Fajar, Muhammad. 2019. Adsorpsi Ion Logam Berat Cd, Cu, dan Pb menggunakan Kulit Kacang Tanah. Skripsi. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Hasri dan Oktariani Rizky. 2015. Blending Kitin - Aspergillus niger untuk Adsorpsi Ion Logam Cu(II). *Jurnal Chemica*. Vol. 16 Nomor 1.
- Mulyasuryani, Ani, Barlah Rumhayati, Chandrawati Cahyani, dan Soebiantoro. 2013. Adsorpsi Pb^{2+} dan Cu^{2+} menggunakan Kitosan-Silika ari Abu Sekam Padi. *Valensi*. Vol. 3. No. 2. ISSN: 1978-8193.
- Munasir, Triwikantoro, Moch. Zainuri dan Darminto. 2013. Ekstraksi dan Sintesis Nanosilika Berbasis Pasir Bancar dengan Metode Basah. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*. ISSN: 2087-994.
- Saputri. 2020. Kapasitas Adsorpsi Serbuk Nata de Coco (Bacterial Sellulose) Terhadap Ion Pb^{2+} Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Kimia*. ISSN: 2599-2740.

- Thahir, Ridhawati, Setyo Erna Widiyanti, Indo Katu, dan Neneng Nurdayanti Idar. 2021. Preparasi dan Karakterisasi Ekstrak Silika dari Sekam Padi. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*.
- Trivana, Linda, Sri Sugiarti dan Eti Rohaeti. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dari Sekam Padi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. ISSN: 2085-1227.
- Yunianti, Shofiyah dan Dina Kartika Maharani. 2012. Pemanfaatan Membran Kitosan-Silika untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Pb (II) Dalam Larutan. *Unesa Journal of Chemistry*