

Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Tongkol Jagung sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II)

Synthesis and Characterization of Silica Gel from Corncob Ash As Adsorbent of Cu(II) Metal Ion

Muhammad Fathurrahman*, Agus Taufiq, Diana Widiastuti, Fajar Dwi Fauzi Hidayat
Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Pakuan.

*Email : fathur110590@unpak.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.26874/jkk.v3i2.66>

Received: 7 Nov 2020, Revised: 29 Nov 2020, Accepted: 29 Nov 2020, Online: 30 Nov 2020

Abstrak

Produksi jagung yang melimpah di Indonesia membuat munculnya permasalahan limbah berupa kulit dan tongkol jagung. Kulit jagung telah banyak dimanfaatkan untuk pakan ternak sedangkan tongkol jagung belum banyak dimanfaatkan. Tongkol jagung merupakan bahan yang mempunyai kandungan silika cukup tinggi yaitu sebesar 67,41%. Silika dalam limbah tongkol jagung ini dapat dimanfaatkan dalam pembuatan silika gel. Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengkarakterisasi silika gel yang berasal dari abu tongkol jagung serta menguji daya adsorpsinya terhadap ion logam tembaga (II). Metode yang digunakan dalam pembuatan silika gel adalah metode sol-gel. Karakterisasi silika gel dilakukan dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan XRD (*X-ray Diffraction*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air dalam silika gel hasil sintesis dengan asam sulfat dan asam asetat berturut-turut adalah 13,314% dan 11,472%. Hasil karakterisasi gugus fungsi dengan FTIR dan kristalinitas menggunakan XRD bahwa silika gel hasil sintesis mempunyai kemiripan dengan Kiesel Gel 60G. Silika gel hasil sintesis dengan asam sulfat mempunyai daya adsorpsi dan efisiensi adsorpsi lebih tinggi dibandingkan dengan Kiesel Gel 60G serta silika gel hasil sintesis menggunakan asam asetat.

Kata kunci: adsorpsi, abu tongkol jagung, silika gel

Abstract

Abundant corn production in Indonesia has created problems with waste in the form of cornhusk and corncobs. Cornhusk has been widely used for animal feed, while corncobs have not been widely used. Corncob is a material that has a high enough silica content that is equal to 67.41%. Silica in corncob waste can be used in making silica gel. This study aims to synthesize and characterize silica gel derived from corncob ash and test its adsorption power on copper (II) metal ions. The method used in making silica gel is the sol-gel method. Silica gel characterization was carried out using FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) and XRD (*X-ray Diffraction*). The results showed that the water content in silica gel synthesized with sulphuric acid and acetic acid were 13.314% and 11.472%, respectively. The results of characterization with FTIR and XRD showed that the synthesized silica gel was similar to Kiesel Gel 60G. The synthesized silica gel with sulphuric acid has higher adsorption power and adsorption efficiency compared to Kiesel Gel 60G and the silica gel synthesized using acetic acid.

Keywords: adsorption, corncobs, silica gel

1 Pendahuluan

Silika gel merupakan suatu padatan anorganik yang mempunyai sifat kestabilan tinggi. Silika gel mempunyai banyak kegunaan, antara lain sebagai adsorben atau sebagai fasa diam dalam kromatografi. Perkembangan industri yang cepat di era globalisasi ini menyebabkan permintaan silika gel meningkat pesat, tetapi tidak diiringi dengan industri yang memproduksi silika gel.

Sumber silika gel yang dihasilkan dari abu batubara dan pasir kuarsa semakin berkurang, karena tidak dapat diperbaharui. Hal tersebut yang menjadi alasan perlunya dicari alternatif bahan dasar pembuatan silika gel yang lebih ekonomis dan bersumber dari bahan yang dapat diperbaharui. Sumber alternatif yang akan dikembangkan yaitu limbah tongkol jagung.

Data dari Badan Pusat Statistik mengenai produksi jagung di Indonesia diketahui sebanyak 18,15 juta ton [1]. Produksi jagung yang tinggi menjadikan limbahnya melimpah. Limbah tersebut dapat berupa kulit dan tongkol jagung. Kulit jagung telah banyak dimanfaatkan untuk makanan ternak, sedangkan tongkol jagung banyak dimanfaatkan sebagai bahan pembakaran dan bahan kerajinan. Pemanfaatan tongkol jagung sebagai adsorben belum banyak dilakukan. Tongkol jagung merupakan limbah dari jagung dengan persentase sekitar 10%. Hal tersebut menjadi perhatian bahwa perlunya penanganan berupa pemanfaatan limbah tongkol jagung sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Tongkol jagung apabila diabukan mempunyai kandungan silika (SiO_2) yang cukup tinggi yaitu sebesar 67,41 % [2]. Karena kandungan silika dalam abu tongkol jagung sangat tinggi maka abu tongkol jagung mempunyai potensi sebagai bahan baku pembuatan silika gel. Hal ini akan memberikan nilai ekonomis pada tongkol jagung.

Beberapa pengembangan penelitian mengenai silika gel yang sudah dilakukan diantaranya adalah penelitian tentang sintesis silika gel dari abu sekam padi termodifikasi dengan 2-Mercaptobenzotiazol untuk mengadsorpsi ion logam berat Cd^{2+} dan Cr^{6+} [3]. Selanjutnya pada tahun 2017 juga Putrinesia dan Rahmalia telah melakukan sintesis dan karakterisasi komposit polianilin dalam sumber silika gel dari limbah kaca [4]. Terakhir pada tahun 2019, mengenai pengembangan film anti mikroba yang berisi eugenol terenkapsulasi dalam pori-pori nano silika [5].

Pada penelitian ini dilakukan sintesis silika gel dari abu tongkol jagung. Pada prosesnya digunakan larutan asam sebagai pembentuk gel karena gel. Pemakaian larutan asam dengan pH rendah akan menghasilkan gugus silanol yang banyak, semakin banyak gugus silanol maka kemampuan untuk mengikat molekul air melalui ikatan hidrogen juga semakin banyak. Pada penelitian ini digunakan dua jenis asam yang berbeda yaitu asam sulfat dan asam asetat untuk mengetahui karaktersiti dan daya adsorpsinya masing-masing. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan XRD (*X-ray Diffraction*) sedangkan daya adsorpsinya diukur menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) untuk penyerapan ion logam tembaga (II).

2 Metod Penelitian

2.1 Pembuatan Abu Tongkol Jagung

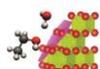
Sampel tongkol jagung yang telah dibersihkan dan dicuci kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah kering sampel dipanaskan pada suhu 150°C selama 2 jam dan dihasilkan arang tongkol jagung kemudian dihaluskan dan diabukan dalam *muffle furnace* pada temperatur 650°C selama 4 jam menggunakan krus porselin. Setelah itu dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang, kemudian abu diuji dengan menggunakan XRF untuk mengetahui kandungan senyawa kimia di dalamnya.

2.2 Preparasi Larutan Natrium Silikat (Na_2SiO_3)

Seberat 10 gram abu tongkol jagung dilarutkan menggunakan 150 mL NaOH 1M sambil diaduk menggunakan pengaduk magnet sampai mendidih selama 1 jam kemudian didiamkan selama 18 jam. Larutan Natrium Silikat yang terbentuk disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 40 [6].

2.3 Pembuatan Silika Gel

Sebanyak 20 mL larutan natrium silikat hasil penyaringan ditempatkan dalam gelas piala dan ditambahkan H_2SO_4 3M setetes demi tetes sambil diaduk dengan pengaduk magnet sehingga terbentuk gel dan diteruskan hingga pH 7 kemudian didiamkan selama 1 malam. Kemudian gel yang terbentuk disaring dengan kertas saring Whatman No.40 dan dilakukan pencucian dengan akuademineralisasi sampai pH 7. Lalu dikeringkan dalam oven pada temperatur 120°C selama 2 jam. Silika gel kemudian digerus



menggunakan mortar. Prosedur yang dilakukan diulang dengan penggantian asam sulfat menjadi asam asetat. Setelah itu sebagai parameter uji silika gel dikarakterisasi gugus fungsional siloksan (Si-O-Si) dan silanol (Si-OH) dengan menggunakan FTIR dan dibandingkan dengan spektra IR pada Kiesel Gel 60G serta uji kristalinitas silika gelnya dengan XRD.

2.4 Penentuan Kadar Air Silika Gel

Sebanyak 0,1 gram silika gel dipanaskan dalam oven pada temperatur 100°C selama 4 jam kemudian didinginkan dan ditimbang. Setelah itu, dipijarkan dalam *muffle furnace* pada temperatur 600°C selama 2 jam. Sampel kemudian didinginkan dan ditimbang kembali. Kadar air dihitung dengan mengurangkan berat silika gel sebelum pemijaran (sesudah pemanasan pada suhu 100°C selama 4 jam) dengan berat silika gel setelah pemijaran dibagi berat silika gel awal dikali 100%. Penentuan kadar air ini dilakukan pada silika gel hasil sintesis serta Kiesel gel 60G.

2.5 Adsorpsi Ion Logam Tembaga (II)

Sebanyak 0,25 gram silika gel ditambahkan dengan larutan tembaga(II) 10 ppm dalam botol film gelap, kemudian diaduk dalam pengaduk magnet selama 90 menit. Selanjutnya diagitasi pada suhu kamar dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 menit. Silika gel dan filtrat didididasi, filtrat yang diperoleh dianalisis konsentrasi ion tembaga (II) dengan menggunakan AAS. Adsorpsi ini dilakukan pada silika gel hasil sintesis dengan variasi konsentrasi asam serta Kiesel gel 60G.

3 Hasil dan Pembahasan

Penelitian bertujuan untuk memperoleh silika gel dari abu tongkol jagung, mengetahui pengaruh variasi asam dalam pembentukan hidrogel dan daya adsorpsi serta efisiensi adsorpsi terhadap ion logam tembaga (II). Adapun dalam pembuatannya terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap pembuatan abu tongkol jagung, tahap pembuatan larutan natrium silikat, tahap polimerisasi silika gel dan tahap uji daya adsorpsi, efisiensi adsorpsi dan karakteristik silika gel, serta tahap uji kemampuan silika gel dalam menyerap ion logam tembaga (II).

3.1 Analisis Abu Tongkol Jagung

Abu tongkol jagung diuji dengan menggunakan XRF (*X-ray Fluorescence*) untuk menentukan komposisi suatu unsur material secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil analisis XRF dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kandungan senyawa kimia dalam abu tongkol jagung hasil uji XRF

Senyawa Kimia	Kadar (%)
SiO ₂	64,120
CaO	6,8080
P ₂ O ₅	5,4500
K ₂ O	9,2000
Fe ₂ O ₃	3,6964
Al ₂ O ₃	4,0450

3.2 Analisis Larutan Natrium Silikat

Bahan dalam pembuatan silika gel adalah natrium silikat. Pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan natrium silikat dengan cara mereaksikan silika dengan natrium hidroksida. Natrium silikat akan terbentuk melalui reaksi berikut:

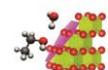


Larutan natrium silikat dibuat dengan cara melarutkan abu tongkol jagung dengan natrium hidroksida kemudian dipanaskan, ini bertujuan untuk melarutkan silika yang terkandung dalam abu tongkol jagung. Suhu pemanasan harus dijaga agar tidak terlalu tinggi dikarenakan untuk menghindari penguapan larutan yang berlebihan, setelah itu didinginkan dan didiamkan. Selanjutnya larutan disaring untuk memisahkan larutan dengan endapannya, larutan hasil saringan merupakan larutan natrium silikat.

3.3 Analisis Pembuatan Silika Gel

Tahap pembentukan silika gel yaitu dengan penambahan larutan natrium silikat dengan menggunakan larutan asam hingga pH 7, pencucian hidrogel dengan aquademiralisasi dan pengeringan hidrogel tersebut dengan oven sehingga akan membentuk xerogel berupa produk silika gel yang diinginkan. Penambahan larutan natrium silikat bertujuan untuk membentuk hidrogel, pencucian hidrogel bertujuan untuk memurnikan dari pengotor seperti garam dan mineral lain sedangkan pengeringan hidrogel bertujuan untuk mengeluarkan kandungan air sehingga produk menjadi xerogel berbentuk padatan.

Penambahan larutan asam ke dalam larutan natrium silikat dilakukan untuk membentuk hidrogel melalui polimerisasi asam siklik [Si(OH)₄] untuk membentuk struktur Si-O-Si. Asam yang digunakan pada pembentukan silika gel ini terdiri dari dua jenis asam yaitu asam sulfat dan asam asetat. Perbedaan jenis asam ini bertujuan untuk mengetahui jenis asam yang baik

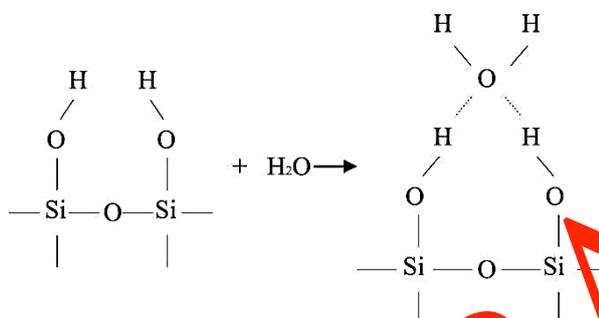


untuk pembentukan silika gel antara asam kuat dan asam lemah.

3.4 Hasil Uji Kadar Air Silika Gel

Silika gel yang dihasilkan diuji kadar air yang terkandung, ini bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang masih ada di dalam silika gel, sehingga dapat ditentukan rumus molekul air (H₂O) silika gel.

Kadar air merupakan ukuran banyaknya gugus silanol dan siloksan maka kapasitas air diharapkan sebanding dengan kadar air [7]. Variasi pada kelarutan silika gel disebabkan adanya perbedaan ukuran partikel, derajat hidrasi dan kemurnian. Adsorpsi molekul air pada permukaan silika gel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi Penyerapan Molekul Air pada Silika Gel [8]

Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar air silika gel tongkol jagung dengan asam sulfat sebesar 13,3144% mendekati nilai kadar air silika gel Kiesel Gel 60G yaitu sebesar 13,664%, berbeda dengan kadar air silika gel tongkol jagung dengan asam asetat yaitu 11,4724%.

Tabel 2. Hasil pengujian kadar air silika gel

No	Jenis Silika	Kadar Air (%)	Rumus Kimia SiO ₂ .xH ₂ O
1	Kiesel Gel 60G	13,664	SiO ₂ .0,5277 H ₂ O
2	SGTJ-H ₂ SO ₄	13,314	SiO ₂ .0,5122 H ₂ O
3	SGTJ-CH ₃ COOH	11,472	SiO ₂ .0,4254 H ₂ O

Ket: SGTJ : Silika Gel Tongkol Jagung Sintesis

Data kadar air juga dapat digunakan untuk penentuan rumus kimia silika yang dihasilkan dengan asumsi silika hanya terdiri dari SiO₂ dan H₂O. Rumus kimia dari silika gel Kiesel Gel 60G adalah SiO₂.0,5277 H₂O sedangkan SGTJ-H₂SO₄, SGTJ-CH₃COOH masing-masing adalah SiO₂.0,5122 H₂O, SiO₂.0,4254 H₂O, sehingga silika gel hasil sintesis yang memiliki kadar air yang mendekati dengan Kiesel Gel 60G SGTJ-H₂SO₄. Semakin banyak gugus silanolnya maka kemampuan untuk mengikat molekul air melalui ikatan hidrogen juga semakin banyak. Molekul air dapat teradsorpsi pada permukaan silika gel dalam berbagai bentuk [9].

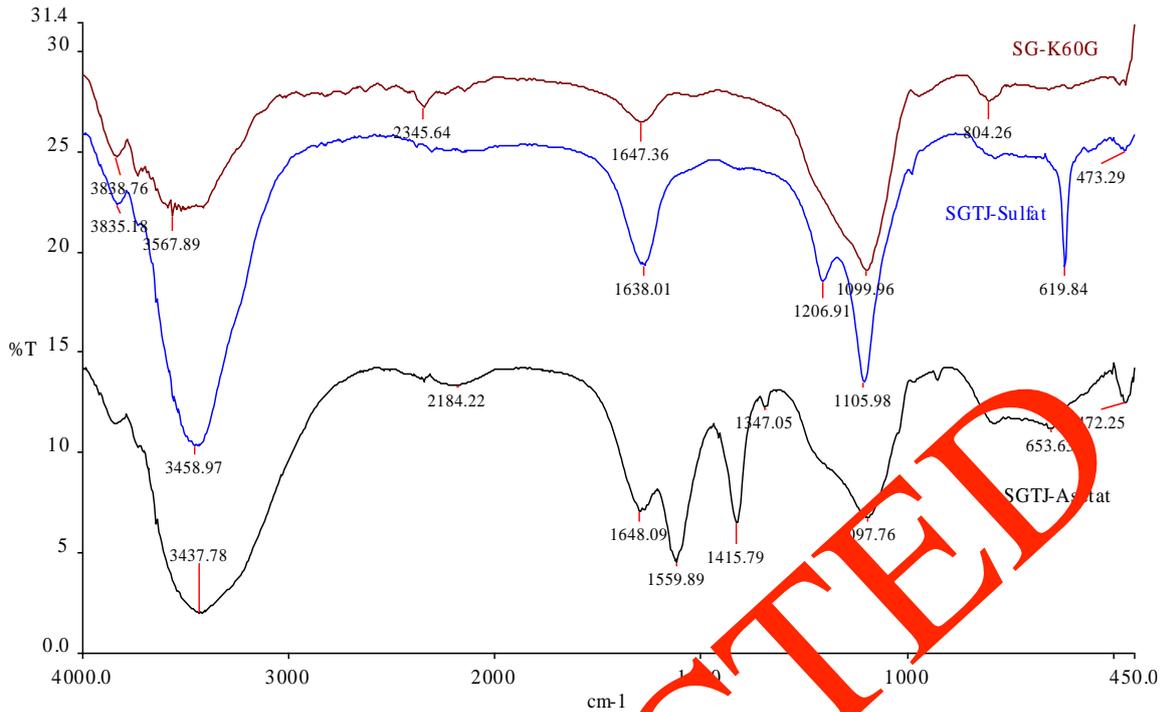
3.5 Hasil Karakterisasi Silika Gel Menggunakan FTIR

Karakterisasi silika gel dengan spektrofotometer inframerah bertujuan untuk mengetahui adanya gugus silanol (Si-OH), siloksan (Si-O-Si) dan gugus-gugus lain.

Berdasarkan Gambar 2, Spektrum FTIR silika gel dengan menggunakan asam asetat yang dihasilkan, serapan panjang gelombang 1097,76 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi regangan Si-O dari Si-O-Si. Pita yang mendukung keberadaan ikatan Si-O muncul pada bilangan gelombang 653,63 cm⁻¹. Bilangan gelombang 3437,78 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi rentang gugus -OH dari silanol (Si-OH), adanya gugus OH dipertegas dengan adanya puncak spektra inframerah pada bilangan gelombang 1648,09 yang menunjukkan adanya belokan pada gugus -OH dari Si-OH [10]. Sedangkan spektrum FTIR silika gel dengan menggunakan asam sulfat serapan panjang gelombang 3447,14 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi rentang gugus -OH dari Si-OH. Adanya gugus OH didukung dengan adanya puncak spektra inframerah pada bilangan gelombang 1638,01 yang menunjukkan adanya belokan pada gugus -OH dari Si-OH. Bilangan gelombang 1105,98 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi regangan Si-O dari Si-O-Si. Pita yang mendukung keberadaan ikatan Si-O muncul pada bilangan gelombang 619,83 cm⁻¹ (Hardjono, 1991). Jika kita bandingkan dengan SG-K60G, maka serapan Si-O berada pada bilangan gelombang 804,26 [11]

Dari ketiga spektrum pada Gambar 1 dapat diambil kesimpulan bahwa pengujian FTIR memberikan hasil positif artinya silika gel hasil penelitian memiliki struktur kimia, rumus molekul dan gugus fungsional yang identik dengan Kiesel Gel 60G.

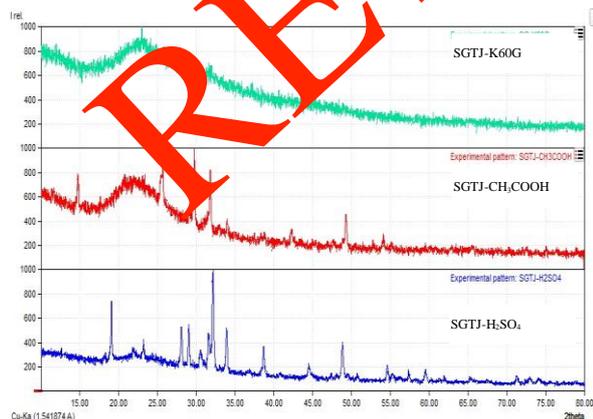




Gambar 2. Gabungan spektrum FTIR silika gel sintesis tongkol jagung dan Kiesil Gel 60G

3.6 Hasil Karakterisasi Silika Gel Menggunakan XRD

Pengujian dengan menggunakan XRD ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kristal silika gel hasil sintesis dari abu tongkol jagung yang dibandingkan dengan Kiesil Gel 60G. Adapun hasil karakterisasi menggunakan XRD dapat dilihat pada Gambar 3.



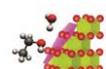
Gambar 3. Difraktogram XRD silika gel sintesis abu tongkol jagung dibandingkan dengan silika Kiesil Gel 60G

Berdasarkan Gambar 3 dapat diamati bahwa difraktogram yang dihasilkan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Ketiganya menunjukkan *peak* melebar dengan $2\theta = 20 - 27^\circ$ yang mengindikasikan silika gel hasil

sintesis merupakan material yang bersifat amorf [12]. Secara umum sifat kristalinitas dari silika gel hasil sintesis mempunyai kemiripan dengan silika Kiesil 60G berupa padatan amorf. Peak SGTJ- H_2SO_4 memberikan hasil yang agak berbeda, hal ini menunjukkan penggunaan asam sulfat menyebabkan pembentukan padatan dengan kristalinitas yang berbeda meskipun sama-sama amorf.

3.7 Hasil Uji Adsorpsi dan Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Tembaga (II) dengan AAS

Pengujian selanjutnya yaitu uji adsorpsi dan efisiensi adsorpsi silika gel terhadap ion logam tembaga (II) ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi dan efisiensi adsorpsi dari silika gel dengan menggunakan larutan ion logam tembaga (II) sebagai sampelnya. Pada proses adsorpsi ion logam tembaga (II) dengan menggunakan silika gel disamakan waktu kontakannya selama 90 menit. Kesetimbangan adsorpsi ion logam pada berbagai adsorben umumnya tercapai setelah kurang lebih satu menit kemudian diendapkan dengan alat sentrifuse selama 30 menit dengan kecepatan 2000 rpm [13]. Hal ini dimaksudkan agar pengendapan yang terjadi lebih maksimal. Hasil proses adsorpsi kemudian diuji menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom untuk mengetahui konsentrasi ion logam tembaga yang teradsorpsi oleh silika gel.



Tabel 3. Daya Adsorpsi dan Efisiensi Adsorpsi Silika Gel Terhadap Ion Logam Tembaga (II)

Jenis Silika Gel	Volume Ion Logam Tembaga (II) (mL)	Daya Adsorpsi (mg/g)	Efisiensi Adsorpsi (%)
Kiesel Gel 60G	25	0,5373	26,88
	50	0,2949	14,76
	75	0,1603	5,35
SGTJ-H ₂ SO ₄	25	0,8942	44,91
	50	0,3566	17,88
	75	0,2512	14,97
SGTJ-CH ₃ COOH	25	0,4276	21,40
	50	0,2915	14,59
	75	0,2015	6,72

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa semakin banyak volume ion logam tembaga yang digunakan maka akan semakin menurun daya adsorpsi dari silika gel tersebut dan cenderung konstan. Hal ini terjadi karena silika gel mempunyai titik jenuh tertentu untuk mengikat ion logam. Silika gel sintesis yang memiliki daya adsorpsi yang mendekati Kiesel Gel 60G yaitu SGTJ-CH₃COOH, sedangkan silika gel sintesis SGTJ-H₂SO₄ memiliki daya adsorpsi yang lebih baik. Perbedaan signifikan terlihat pada volume ion logam 25 mL, terdapat perbedaan cukup mencolok antara SGTJ-H₂SO₄ dengan SGTJ-CH₃COOH, namun pada menggunakan volume 50 mL dan 75 mL tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari hasil pengukuran menggunakan AAS.

Berdasarkan Tabel 3 terlihat perbedaan cukup signifikan pada volume ion logam 25 mL antara semua adsorben silika gel, SGTJ-H₂SO₄ mempunyai efisiensi adsorpsi yang besar yaitu 44,91%, namun pada volume ion logam 50 mL terjadi penurunan cukup signifikan yaitu menjadi 17,88%. Penurunan yang terlihat konstan terjadi pada Kiesel Gel 60G, sedangkan untuk SGTJ-CH₃COOH cenderung sama dengan Kiesel Gel 60G. Oleh sebab itu, silika gel sintesis yang baik dalam penyerapan ion logam tembaga yaitu silika gel yang dibuat dengan menggunakan asam sulfat.

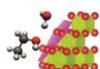
4 Kesimpulan

Abu tongkol jagung mempunyai kadar silika (SiO₂) cukup tinggi yaitu sekitar 64,12%. Sintesis silika gel dari abu tongkol jagung dengan metode sol-gel menghasilkan silika gel yang memiliki beberapa kemiripan dengan silika Kiesel Gel 60G. Hasil karakterisasi dengan *X-ray Diffraction* (XRD) menunjukkan silika gel hasil sintesis mempunyai struktur amorf. Silika gel

hasil sintesis dengan asam sulfat dan asam asetat memiliki kadar air berturut-turut sebesar 13,314% dan 11,472%. Daya adsorpsi dan efisiensi adsorpsi yang terhadap ion logam tembaga (II) optimal diperoleh pada silika gel sintesis abu tongkol jagung yang menggunakan asam sulfat, yaitu sebesar 0,894265 mg/g untuk daya adsorpsi dan 44,91% untuk efisiensi adsorpsi.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik. 2014. *Produksi Padi, Jagung dan Kedelai*. No 22/03 Th. XVIII, 3 Maret 2014.
- [2] Mujedu, K.A., S.A., Adebara and I.O., Lamidi. 2014. The Use of Corn Cob Ash and Saw Dust Ash as Cement Replacement in Concrete Work. *The Internasional Journal of Engineering and Science (IJES)*. 3(4).
- [3] Syakri, Hindryawati, N., dan R.R. Dirgarini Julian N.S. 2017. Sintesis Silika dari Abu Sekam Padi Termodifikasi 2-Merkaptoenzotiazol untuk Adsorpsi Ion Logam Cd²⁺ dan Cr⁶⁺. *Jurnal Atomik*. 02(2): 221-226.
- [4] Putrinesia, M.I., Nurlina, dan Rahmalia, W. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Polianilin/Silika Gel Memanfaatkan Sumber Silika dari Limbah Kaca. 6(2): 89-95. ISSN: 2303-1077.
- [5] Beatriz Melendez-Rodriguz et al. 2019. Electrospun Antimicrobial Film of Poly (3-hydroxybutyrate-Co-3-hydroxyvalerate) Constaining Eugenol Essential Oil Encapsulated in Mesoporous Silica Nanoparticles-Nanomaterials. (9): 227.
- [6] Okoronkwo, E. A., P. E. Imoisili and S.O.O. Olusunle. 2013. *Extraction and Characterization of Amorphous Silica from Corn Cob Ash by Sol-Gel Method*. Chemistry and Material Research : Ondo State
- [7] Yusuf, M., Suhendar, D., dan Hadiyanto, E.P. 2014. Studi Karakteristik Silika Gel Hasil Sintesis dari Abu Ampas Tebu dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida. 8(1). ISSN: 1979-8911.
- [8] Voyutsky, S. 1978. *Colloid Chemistry*. Moskow: Mir Publishers.
- [9] Kristianingrum, Susila., Endang Dwi Siswani dan Annisa Fillaeli. 2011. *Pengaruh Jenis Asam Pada Sintesis Silika Gel dari Abu*



- Bagase dan Uji Sifat Adsorptifnya Terhadap Ion Logam Tembaga (II)*. Prosiding Seminar Nasional Kimia. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- [10] Hardjono S. 1991. *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty.
- [11] Pratomo, Ilham., Sri Wardhani, Danar Purwonugroho. 2013. *Pengaruh Teknik Ekstraksi dan Konsentrasi HCl dalam Ekstraksi Silika dari Sekam Padi Untuk Sintesis Silika Xerogel*. Vol. 2 No. 1 pp 358-364. Universitas Brawijaya : Malang.
- [12] Kalapathy, U., A. Proctor and J. Shultz. 2000. *A Simple Method For Production of Pure Silica From Rice Hull Ash*. Bioresource Technology 73, 257-262.
- [13] Oscik. 1982. *Adsorption*. Ellis Horwood Limited : England

RETRACTED

