



Sintesis dan Karakterisasi Silika Abu Ampas Tebu Termodifikasi Arginin sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II)

Candra Purnawan*, Tri Martini, Ima Puspita Rini

Analytical and Environmental Chemistry Research Group, Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Sebelas Maret (UNS), Jl. Ir. Sutami 36 A, Ketingan, Surakarta 57126 telp. (0271) 663375

*Corresponding author

E-mail: candra_pr@staff.uns.ac.id

DOI: 10.20961/alchemy.14.2.19512.333-348

Received 14 March 2017, Accepted 01 September 2018, Published Online 03 September 2018

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis dan karakterisasi silika dari abu ampas tebu termodifikasi arginin dengan senyawa penggandeng glisidoksi propiltrimetoksisilan (GPTMS) sebagai adsorben ion logam Cu(II). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi silika abu ampas tebu termodifikasi arginin dengan senyawa penggandeng GPTMS sebagai adsorben ion logam Cu(II). Sintesis silika termodifikasi arginin dengan senyawa penggandeng GPTMS dilakukan dengan metode sol-gel. Adsorben tersebut dikarakterisasi dengan XRD, FTIR dan SAA. Uji kemampuan adsorpsi dilakukan menggunakan metode batch dengan larutan ion logam Cu(II), variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi. Hasil penelitian menunjukkan perubahan difraktogram XRD pada silika termodifikasi dan silika abu ampas tebu (silika AAT). Difraktogram menunjukkan puncak melebar pada 2θ sebesar $10-15^\circ$ dan $20-25^\circ$. Analisis FTIR menunjukkan Serapan baru $-CH$, $-NH$ tekuk, $-CN$ berturut-turut pada daerah 2947 , 1570 , dan 1356 cm^{-1} . Analisis SAA menunjukkan peningkatan luas permukaan pada silika termodifikasi arginin daripada silika dari $64,31\text{ m}^2/\text{g}$ menjadi $382,67\text{ m}^2/\text{g}$. Kondisi terbaik adsorpsi ion logam Cu(II) dengan adsorben silika termodifikasi arginin terjadi pada pH 6 dengan waktu kontak 45 menit. Silika termodifikasi arginin mengalami peningkatan kapasitas adsorpsi dibandingkan silika dengan kapasitas adsorpsi yaitu dari $0,12\text{ mg/g}$ menjadi $0,52\text{ mg/g}$. Isoterm adsorpsi ion logam Cu(II) lebih dominan mengikuti isoterm Langmuir dengan $r = 0,997$.

Kata kunci: abu ampas tebu, silika, GPTMS, arginin, tembaga, adsorpsi

ABSTRACT

Synthesis and Characterization of Arginine-Modified Silica from Bagasse Ash as Cu(II) Ions Adsorbent. The synthesis and characterization of arginine modified silica from bagasse ash with crosslinker glycidoxypropyltrimethoxyxylane (GPTMS) as an adsorbent for Cu (II) ions has been studied. This research aimed to determine the characterization of arginine modified silica with crosslinker GPTMS as an adsorbent for Cu(II) ions. Synthesis arginine modified silica with crosslinker GPTMS was conducted using sol-gel method. The adsorbent was characterized by XRD, FTIR and SAA. Adsorption ability test conducted using the batch method with a solution of Cu(II) ions, variation of pH, contact time and concentration. The results showed the change in the XRD diffractogram of arginine modified silica from bagasse (silica ATT). XRD diffractogram revealed broad peaks at 2θ $10-15^\circ$ and $20-25^\circ$. FTIR analysis showed a new absorption $-CH$, $-NH$ bending, $-C-N$ on area of 2947 , 1570 , and 1356 cm^{-1} , respectively SAA analysis showed that the arginine-modified silica with crosslinker GPTMS has higher surface area than silica from $64.31\text{ m}^2/\text{g}$ to $382.67\text{ m}^2/\text{g}$. The best conditions for copper adsorption with adsorbent arginine modified silica occurred at pH 6 with a contact time of 45 minutes. Arginine modified silica has higher adsorption capacity than silica with a

adsorption capacity from 0.12 mg/g to 0.52 mg/g. Adsorption of Cu (II) metal ions more dominantly follows Langmuir isotherms with $r = 0.997$.

Keywords: bagasse ash, silica, arginine, GPTMS, copper, adsorption

PENDAHULUAN

Ampas tebu merupakan hasil limbah pengolahan gula yang cukup melimpah di Indonesia. Ampas tebu tersebut telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada ketel uap yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga uap dan bahan bakar pada tungku produksi gula. Pemanfaatan ampas tebu ini menghasilkan abu ampas tebu yang melimpah (Akhinov *et al.*, 2010). Abu ampas tebu mengandung kadar silika (SiO_2) tinggi sekitar 68,5% (Rompas *et al.*, 2013). Kandungan silika tersebut cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk membuat material berbasis silika. Silika memiliki beberapa sifat unik yang tidak dimiliki oleh senyawa anorganik lainnya seperti, sifat adsorpsi dan pertukaran ion yang baik, kestabilan mekanik dan termal tinggi, mudah dimodifikasi dengan senyawa kimia tertentu untuk meningkatkan kinerjanya (Sriyanti *et al.*, 2005). Silika mampu digunakan sebagai adsorben karena memiliki gugus silanol (Si-OH) dan gugus siloksan (Si-O-Si) serta memiliki pori-pori yang luas dan luas permukaan yang khas (Buhani *et al.*, 2009, Hastuti *et al.*, 2015).

Logam tembaga (Cu) merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan dalam industri manufaktur, mekanik, listrik, arsitektur (Wu *et al.*, 2009), serta industri seperti tekstil, pertambangan, elektroplating, pipa, pupuk dan baterai (Lee *et al.*, 2015). Logam Cu dilepaskan dalam bentuk ion logam Cu(II) dengan berbagai konsentrasi. Adanya ion logam Cu(II) dengan konsentrasi tinggi pada manusia menimbulkan masalah pencernaan, kerusakan ginjal, dan anemia (Andaka, 2008). Untuk itu, perlu adanya pengurangan ion logam Cu(II) dalam lingkungan dengan cara mengadsorpsi ion logam Cu(II) dengan adsorben.

Kelemahan silika sebagai adsorben yaitu rendahnya efektifitas adsorpsi silika terhadap ion logam Cu(II) disebabkan oleh rendahnya kemampuan oksigen (silanol dan siloksan) sebagai donor pasangan elektron, yang berakibat lemahnya ikatan ion logam pada permukaan silika (Buhani *et al.*, 2009). Oleh karena itu perlu dilakukan modifikasi permukaan silika dengan penambahan senyawa organik seperti arginin untuk meningkatkan gugus aktif dan kemampuan adsorpsi dari silika. Arginin merupakan asam amino yang memiliki gugus amina ($-\text{NH}_2$) dan gugus karboksil ($-\text{COOH}$) sehingga memiliki kemampuan berinteraksi dengan ion logam (Wu *et al.*, 2016). Namun

penambahan arginin ke dalam silika secara langsung kurang efektif maka dari itu perlu adanya senyawa yang dapat memperlambat laju kondensasi dan meningkatkan kekuatan ikatan antara silika dengan arginin yaitu senyawa glisidoksi-propil-trimetoksi-silan (GPTMS) yang merupakan agen pengikat dan memiliki cincin epoksi. Cincin epoksi ini dapat terbuka dan dapat berikatan dengan arginin (Varghese *et al.*, 2010). Berdasarkan studi literatur tersebut, maka perlu dilakukan penelitian modifikasi silika dari abu ampas tebu dengan arginin menggunakan senyawa penggendeng GPTMS yang diharapkan mampu meningkatkan efektifitas adsorpsi silika sehingga dapat digunakan sebagai adsorben ion logam Cu(II).

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini: abu ampas tebu dari PG. Madukismo Yogyakarta, Arginin (merck), GPTMS (sigma Aldrich), HCl 37% (merck), NaOH (merck), Akuades, Akuabides, kertas saring whatman 42, kertas universal indikator, HNO₃ (merck), CH₃COOH (merck), CH₃COONa (merck), KCl (merck), Na₂HPO₄ (merck), NaH₂PO₄ (merck), larutan Cu standar 1000 ppm.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini: *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) type AA-6650, Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR) type FT-IR - 8201 PC, Surface Area Analyzer (SAA) type nova 1200e, X-ray Fluorescence (XRF) type Bruker S2 Ranger, X-ray Diffraction (XRD) type RICHSEIFERT-XRD 3000P, Neraca analitik listrik type Sartorius, Furnace Thermolyne 48000, Oven type Memmert, Universal shaker type Ultrasonic Branson 3210.*

Preparasi Abu Ampas Tebu

Arang ampas tebu yang diambil dari PG. Madukismo Yogyakarta dikeringkan dan dibersihkan dari pengotor-pengotor fisik selanjutnya diabukan pada suhu 700°C selama 6 jam menjadi abu ampas tebu (Yusuf *et al.*, 2014). Abu yang terbentuk didinginkan pada suhu kamar kemudian digerus dan diayak dengan ayakan berukuran 180 mesh. Kemudian abu ampas tebu yang telah lolos ayakan 180 mesh dikarakterisasi dengan XRF dan FTIR.

Sintesis Silika dari Abu Ampas Tebu (AAT)

Pembuatan silika mengacu pada penelitian Sriyanti *et al.* (2005), abu ampas tebu yang telah lolos ayakan 180 mesh sebanyak 20 gram abu ampas tebu dicuci dengan 150 mL HCl 6 M dengan pengadukan selama 1 jam dan dinetralkan dengan akuades (pH 7). Hasil pencucian dikeringkan hingga kering. Abu ampas tebu kering kemudian ditambahkan dengan 158 mL NaOH 4 M, kemudian dididihkan sambil diaduk dengan pengaduk

magnetik hingga diperoleh larutan kental dan berwarna hitam. Selanjutnya di keringkan dalam *furnace* dengan suhu 500°C selama 30 menit. Padatan didinginkan dan direndam dalam 200 mL akuabides selama 24 jam dan disaring menggunakan kertas saring whatman. Filtrat yang diperoleh merupakan natrium silikat (Na_2SiO_3) (prekursor silika) (Mujiyanti *et al.*, 2010). Sebanyak 15 mL larutan natrium silikat (Na_2SiO_3) ditambah HCl 6 M sedikit demi sedikit hingga terbentuk gel dan diamkan selama 24 jam. Kemudian gel ditambahkan 10 mL akuades dan dinetralkan dengan NaOH 1M/HCl 1M selanjutnya dicuci dengan 20 mL akuades. Kemudian disaring dengan kertas saring lalu endapan dioven 60°C selama 6 jam hingga kering. Padatan kering yang merupakan silika AAT ditumbuk dan diayak 180 mesh lalu silika AAT lolos ayakan dikarakterisasi dengan XRD, FTIR dan SAA.

Sintesis Silika Abu Ampas Tebu Termodifikasi Arginin dengan Senyawa Penggandeng GPTMS

Sintesis silika termodifikasi arginin dengan GPTMS dibuat dengan mencampurkan 10 mL prekursor dengan GPTMS 98% 0,45 mL dan 3 mL larutan arginin 1 M. campuran diaduk dengan pengaduk magnetik selama 2 jam, kemudian ditetaskan HCl 6 M sedikit demi sedikit hingga terbentuk gel dan diamkan selama 24 jam. Gel yang terbentuk ditambah 10 mL akuades dan dinetralkan selanjutnya dicuci dengan 20 mL akuades, kemudian disaring dengan kertas saring lalu endapan dioven 60 °C selama 6 jam hingga kering. Padatan kering yang merupakan silika termodifikasi arginin dengan senyawa penggandeng GPTMS ditumbuk dan diayak 180 mesh lalu yang lolos ayakan dikarakterisasi dengan XRD, FTIR dan SAA.

Adsorpsi Cu dengan Variasi pH

Adsorpsi ion logam Cu(II) mengikuti sistem *batch* dengan menambahkan 50 mg adsorben ke dalam 10 mL larutan ion logam Cu(II) 3 ppm dengan variasi kondisi pH larutan yaitu 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8. Campuran diaduk selama 60 menit dan disaring. Filtrat dianalisis dengan AAS.

Adsorpsi Cu dengan Variasi waktu kontak

Sebanyak 50 mg adsorben ditambahkan ke dalam 10 mL larutan ion logam Cu(II) 3 ppm dengan variasi waktu kontak adalah 5, 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 menit pada pH optimum. Campuran diaduk menggunakan shaker, kemudian disaring filtrat yang diperoleh dianalisis dengan AAS.

Uji Perbandingan Efektifitas Adsorben

Sebanyak 50 mg adsorben silika dan silika termodifikasi arginin dengan senyawa penggandeng GPTMS digunakan untuk menyerap 10 mL larutan ion logam Cu(II) 3 ppm dengan pH dan waktu kontak optimum. Campuran diaduk kemudian disaring. Filtrat yang dihasilkan dianalisa dengan AAS sedangkan adsorben yang telah menyerap ion logam Cu(II) dikarakterisasi dengan FTIR dan SEM-EDX.

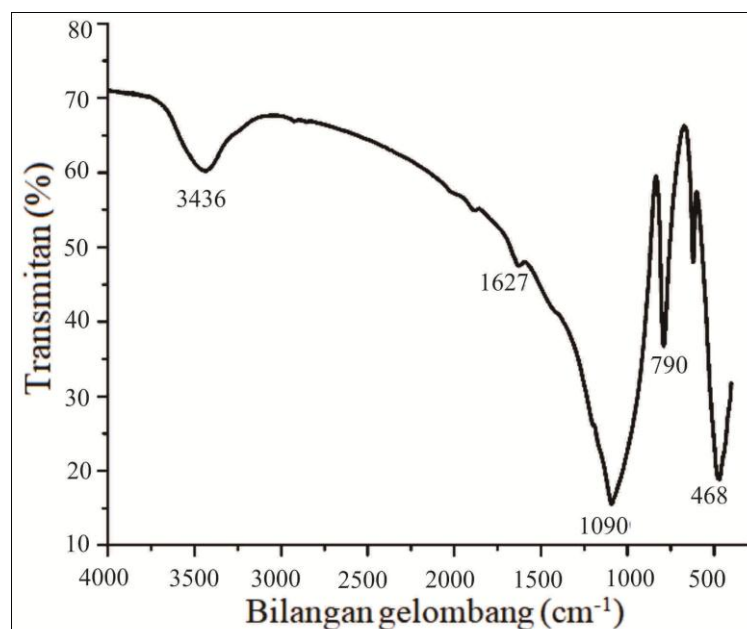
Penentuan Isoterm Adsorpsi

Sebanyak 50 mg adsorben pada kondisi optimum ditambahkan 10 mL larutan model ion logam Cu(II) pada konsentrasi 3-24 ppm dengan pH optimum kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan konstan pada waktu optimum. Hasil adsorpsi disaring, kemudian filtrat yang diperoleh diukur dengan AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Abu Ampas Tebu (AAT)

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa abu ampas tebu yang berasal dari PG. Madukismo Yogyakarta memiliki serapan gugus silanol (Si-OH) pada bilangan gelombang 3436 cm^{-1} dan serapan gugus siloksan (Si-O-Si) simetrik dan asimetrik masing-masing pada bilangan gelombang 790 dan 1090 cm^{-1} serta terdapat serapan -O-H tekuk yang memperkuat adanya gugus -OH dari Si-OH pada bilangan gelombang 1627 cm^{-1} .



Gambar 1. Spektrum FTIR abu ampas tebu

Hasil karakterisasi XRF diperoleh kandungan SiO₂ memiliki prosentase yang paling besar di dalam abu ampas tebu. Sedangkan senyawa-senyawa oksida lain memiliki

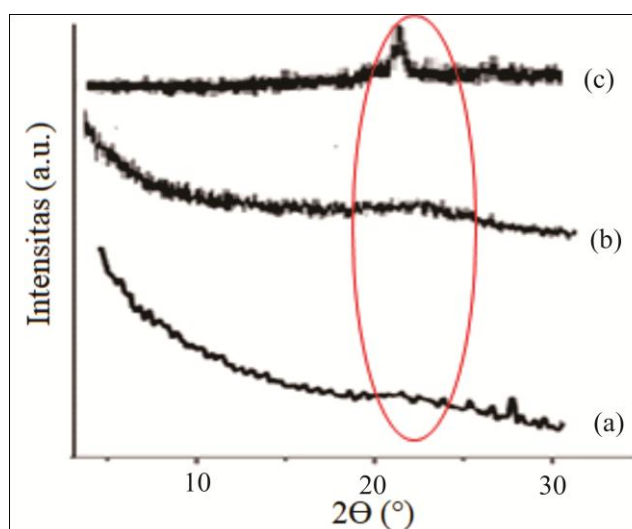
prosentase yang relatif kecil dibandingkan SiO_2 . Hasil kandungan abu ampas tebu hampir sama dengan kandungan abu ampas tebu yang dilakukan oleh Amanda (2014), yaitu terdapat SiO_2 , K_2O , CaO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , P_2O_5 berturut-turut sebesar 70,32; 4,20; 7,38; 4,71; 5,14; 2,41; 2,58%. Prosentase kandungan senyawa oksida didalam abu ampas tebu disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Senyawa di dalam abu ampas tebu

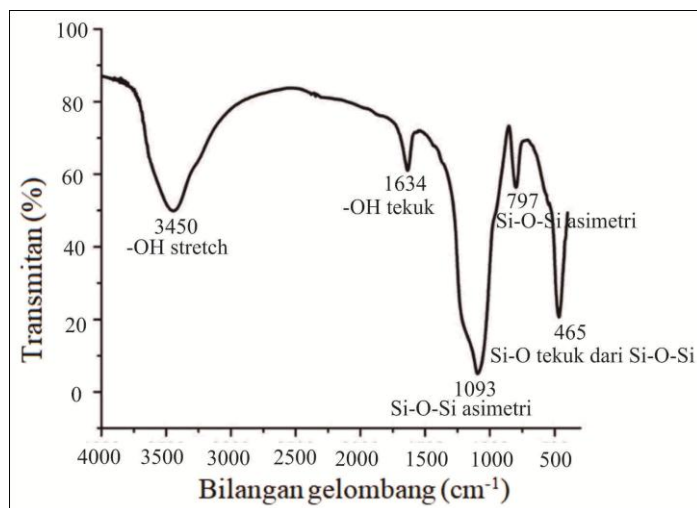
Formula	Prosentase (%)
SiO_2	66,70
K_2O	9,05
CaO	8,14
Fe_2O_3	4,76
Al_2O_3	4,21
MgO	3,06
P_2O_5	2,35
dll	$\leq 0,5$

Dari hasil karakterisasi dengan XRD ditunjukkan pada Gambar 2(a) memberikan pola difraksi yaitu terdapat puncak melebar pada 2θ sekitar 22° yang menunjukkan silika bersifat amorf sesuai yang dilaporkan oleh Yusuf *et al.* (2014), terdapat puncak melebar 21° dengan struktur amorf seperti pada Gambar 2(b) dan menurut Vaibhav *et al.* (2014), yaitu dimana terdapat puncak melebar pada 2θ sekitar 23° seperti pada pada Gambar 2(c).

Hasil karakterisasi FTIR pada Gambar 3 menunjukkan serapan khas dari silika yaitu serapan $-\text{OH}$ di 3450 cm^{-1} , serapan $-\text{OH}$ tekuk di 1634 cm^{-1} , serapan asimetrik Si-O-Si di 1093 cm^{-1} , serapan simetrik Si-O-Si di 797 cm^{-1} , dan serapan Si-O- tekuk dari (Si-O-Si) di 465 cm^{-1} .



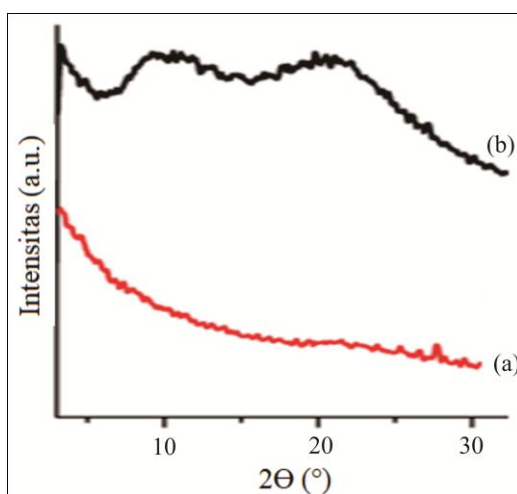
Gambar 2. (a) Difraktogram XRD silika AAT, (b) silika penelitian Yusuf *et al.* (2014), dan (c) silika penelitian Vaibhav *et al.* (2014)



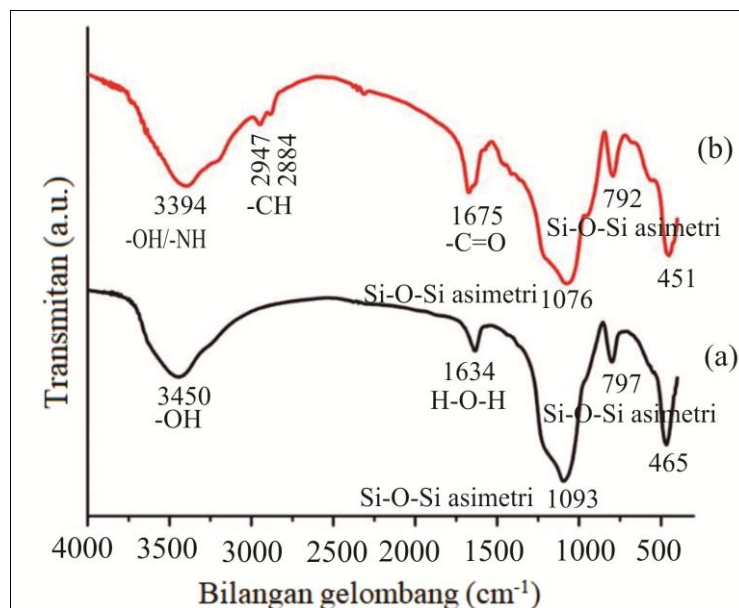
Gambar 3. Spektrum FTIR silika AAT

Karakterisasi silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengandeng GPTMS

Proses modifikasi silika dengan arginin dan senyawa pengandeng GPTMS melalui teknik sol-gel menggunakan prekursor silika mengakibatkan adanya perubahan difraktogram XRD, spektra FTIR, dan perubahan luas permukaan. Perubahan difraktogram terjadi karena adanya penambahan arginin ke dalam silika namun penambahan arginin tidak merubah sifat kristalinitas dari silika. Silika yang telah dimodifikasi arginin dengan senyawa pengandeng GPTMS masih bersifat amorf. Difraktogram silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengandeng GPTMS memiliki puncak pada 2θ $10-15^\circ$ dan $20-25^\circ$ yang ditunjukkan pada Gambar 4. Perubahan serapan FTIR pada Gambar 5 yaitu muncul serapan baru pada 2947 dan 2884 cm^{-1} yang merupakan serapan $-CH$ ulur dari $-CH/CH_2$ dari GPTMS dan arginin, serapan 1570 cm^{-1} yang menunjukkan $N-H$ tekuk, dan serapan 1356 cm^{-1} yang merupakan $-CO/-CN$ ulur, dan serapan 1675 cm^{-1} merupakan $-C=O$ yang diindikasikan berasal dari gugus pada arginin.



Gambar 4. (a) Difraktogram XRD silika Abu Ampas Tebu dan (b) silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengandeng GPTMS



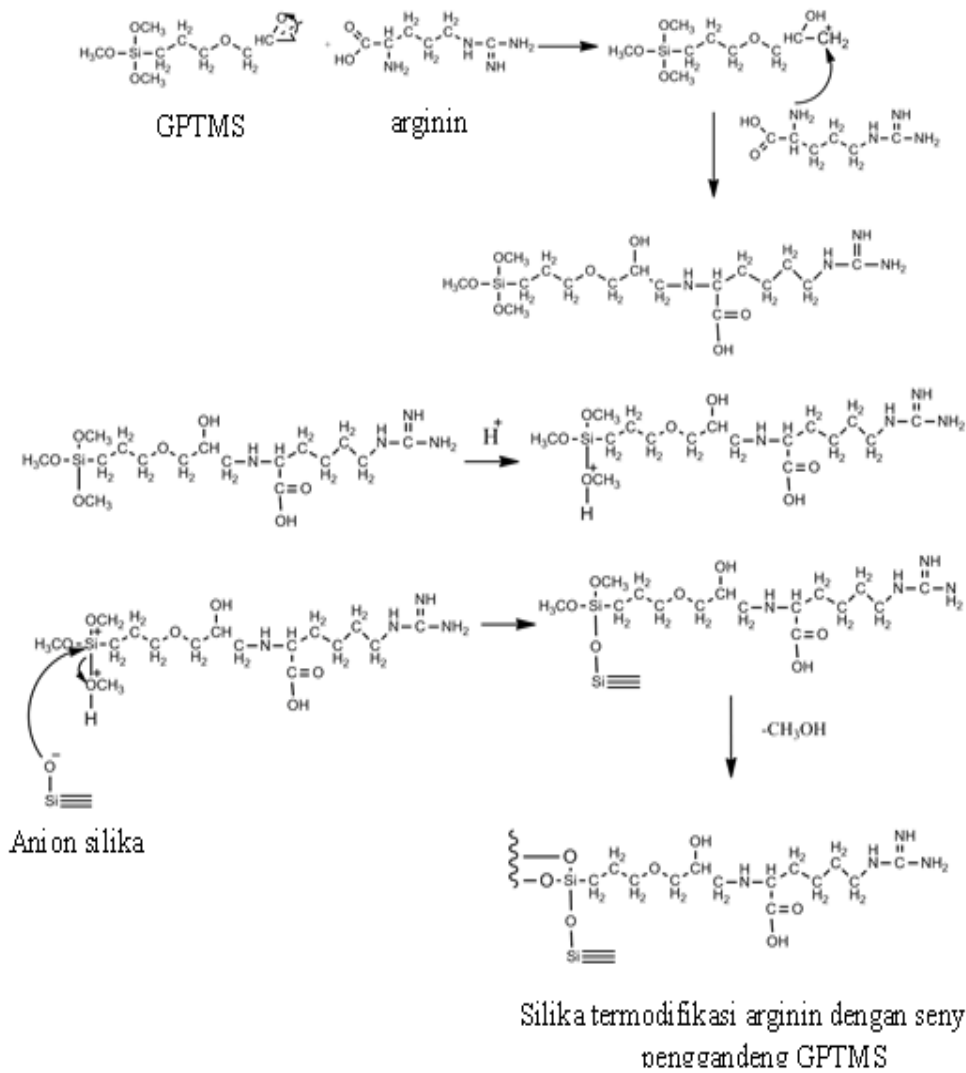
Gambar 5. (a) Spektra FTIR silika AAT dan (b) silika termodifikasi arginin dengan senyawa penggandeng GPTMS

Adsorben silika termodifikasi arginin dengan senyawa penggandeng GPTMS memiliki nilai luas permukaan yang lebih besar daripada silika seperti yang terlihat pada Tabel 2. Hal ini dikarenakan adanya penambahan arginine dan GPTMS akan memperbesar bidang kontak dan rongga dari material silika.

Tabel 2. Perbandingan Luas Permukaan Silika AAT dan Silika Termodifikasi Arginin.

Adsorben	Luas Permukaan (m ² /g)
Silika Abu Ampas Tebu (AAT)	64,31
Silika modifikasi arginin dengan senyawa penggandeng GPTMS	382,67

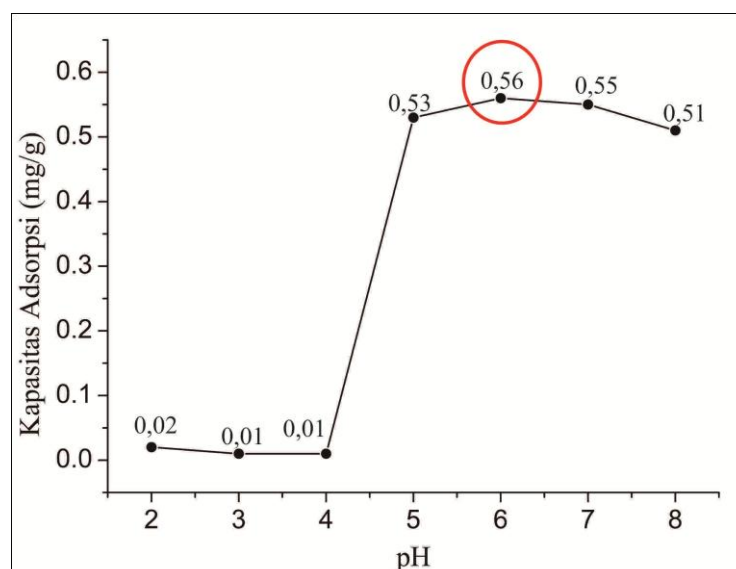
Berdasarkan perubahan spektra FTIR dan mengacu pada penelitian Nuryono dan Narsito (2006), dan Wogo, *et al* (2011), maka mekanisme reaksi diperkirakan seperti yang tertera pada Gambar 6.



Gambar 6. Reaksi antara anion silika prekursor dengan gugus trimetoksisilan pada GPTMS dan gugus NH arginin dengan gugus epoksi GPTMS

Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Ion Logam Cu(II)

Proses adsorpsi ion logam dipengaruhi oleh dua hal yaitu pada keadaan asam situs aktif dari molekul pengompleks akan terprotonasi sedangkan pada kondisi basa akan terbentuk hidroksida dan beberapa logam mengalami pengendapan. Oleh karena itu, pH larutan sangat berpengaruh dalam proses adsorpsi ion logam. pH larutan yang digunakan yaitu 2-8 seperti yang terlihat pada Gambar 7.

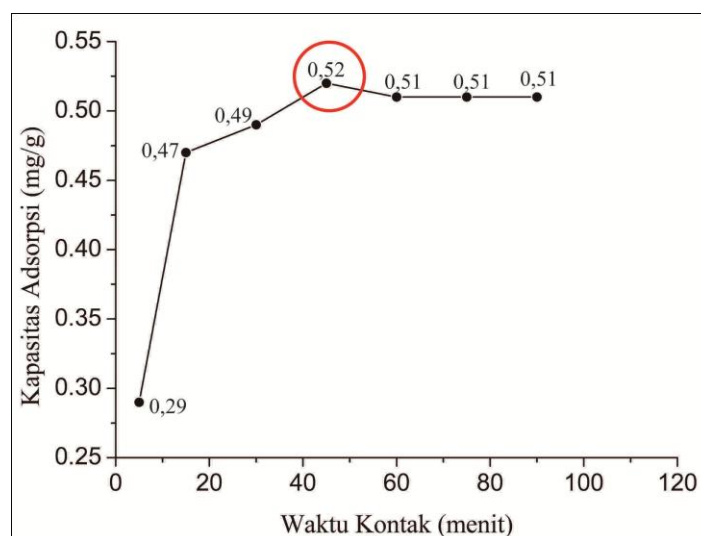


Gambar 7. Grafik pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa adsorpsi ion logam Cu(II) pada adsorben silika termodifikasi arginin dengan senyawa penggendeng GPTMS sangat dipengaruhi oleh pH. Pada adsorben silika termodifikasi arginin dengan senyawa penggendeng GPTMS diperoleh pH optimum pada pH 6. Kapasitas adsorpsi ion logam Cu(II) paling kecil terjadi pada pH <5. Hal ini karena terjadi protonasi dari gugus-gugus aktif arginin seperti $-NH_2$ dan $-COOH$ menyebabkan terjadi tolakan antara muatan positif logam dengan permukaan adsorben sehingga menurunkan kemampuan adsorpsi ion logam Cu(II) dan naik seiring meningkatnya angka pH hingga pH 6. Kemudian, kapasitas adsorpsi ion logam Cu(II) pada kondisi pH 7 dan 8 mulai mengalami penurunan yang disebabkan terjadinya pembentukan tembaga hidroksida ($Cu(OH)_2$) sehingga proses adsorpsi menurun (Sajidu *et al.*, 2006).

Pengaruh waktu kontak terhadap Adsorpsi Ion Logam Cu(II)

Waktu kontak ion logam dengan adsorben merupakan parameter penting karena untuk mengetahui kecepatan reaksi adsorpsi dan seberapa lama adsorben dalam mengadsorp logam. Pada penentuan waktu kontak, ion logam Cu(II) dengan silika termodifikasi arginin dengan senyawa penggendeng GPTMS ini dilakukan dengan variasi waktu kontak 5-90 menit seperti yang terlihat pada Gambar 8 pada kondisi pH optimum (pH = 6).

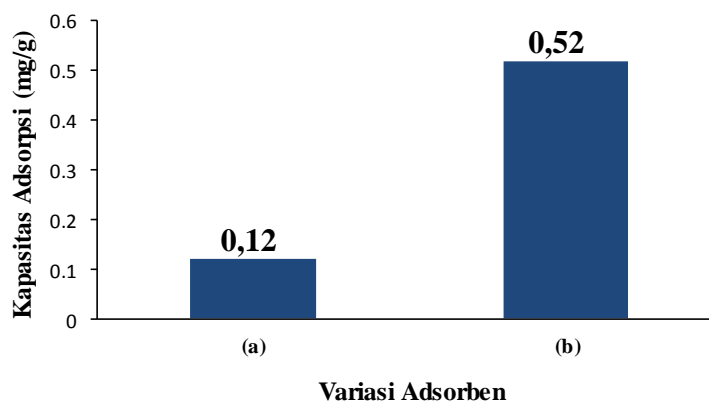


Gambar 8. Grafik pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi

Gambar 8 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi meningkat seiring bertambahnya waktu kontak. Namun pada waktu tertentu kapasitas adsorpsi mengalami penurunan. Hal ini dapat dijelaskan bahwa dari menit ke-5 hingga menit ke-30 kapasitas adsorpsi meningkat karena gugus-gugus aktif pada adsorben termodifikasi arginin dengan senyawa pengganggu GPTMS masih dapat mengikat ion logam Cu(II). Pada menit 45 merupakan waktu kontak optimum dengan kapasitas adsorpsi terbesar yaitu 0,52 mg/g. Setelah menit 45, kapasitas adsorpsi mengalami sedikit penurunan dan tidak mengalami perubahan yang disebabkan karena kondisi adsorpsi mulai mencapai titik jenuh dan kemungkinan silika termodifikasi arginin telah mengalami sedikit kerusakan pada suasana asam.

Efektifitas adsorben

Adsorben yang dibandingkan adalah silika AAT dengan silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengganggu GPTMS pada kondisi optimum yaitu pada pH 6 dan waktu kontak 45 menit ditunjukkan pada Gambar 9.

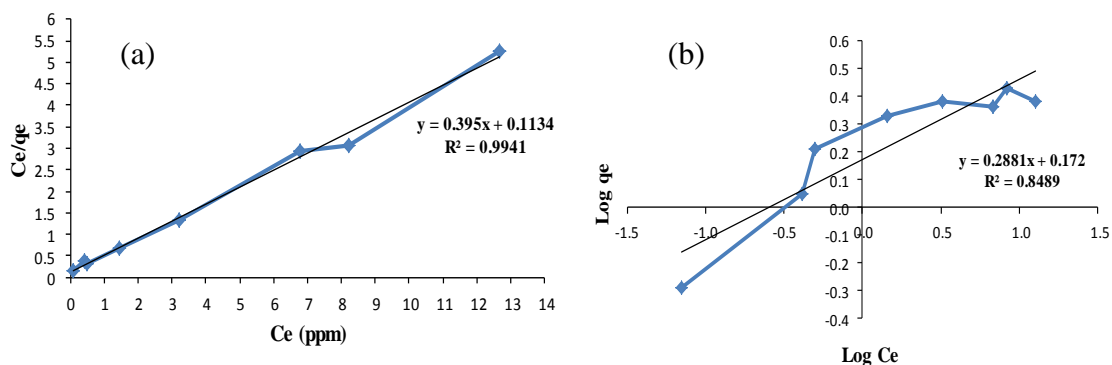


Gambar 9. (a) Perbandingan kapasitas adsorpsi oleh adsorben silika AAT dan (b) silika termodifikasi arginine dengan senyawa pengganggu GPTMS

Gambar 9 dapat dilihat bahwa efektifitas adsorben meningkat setelah dimodifikasi dengan menggunakan senyawa penggandeng GPTMS dan arginin. Silika termodifikasi arginine dengan senyawa penggandeng GPTMS memiliki empat kali kapasitas yang lebih besar dari silika AAT yaitu dari 0,12 mg/g menjadi 0,52 mg/g. Hal ini dapat dijelaskan bahwa modifikasi permukaan silika AAT menambah gugus-gugus aktifnya sehingga proses adsorpsi semakin efektif. Selain itu, adanya penambahan arginin pada material silica memperbesar luas permukaan silica termodifikasi sehingga proses adsorpsi semakin efektif.

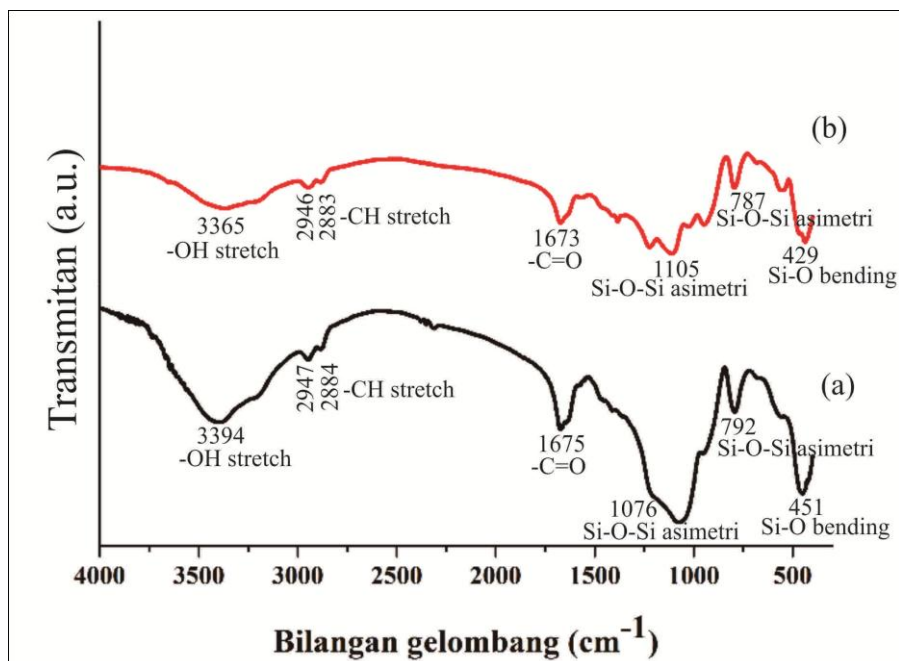
Isoterm adsorpsi

Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan untuk mengetahui adsorpsi yang terjadi antara adsorben dengan ion logam Cu(II) secara kimia atau fisika. Dilakukan dengan menggunakan dua persamaan yakni persamaan Langmuir yang mengasumsikan bahwa adsorpsi terjadi secara kimia dan persamaan Freundlich yang mengasumsikan adsorpsi terjadi secara fisika (Alberty and Daniel, 1987).



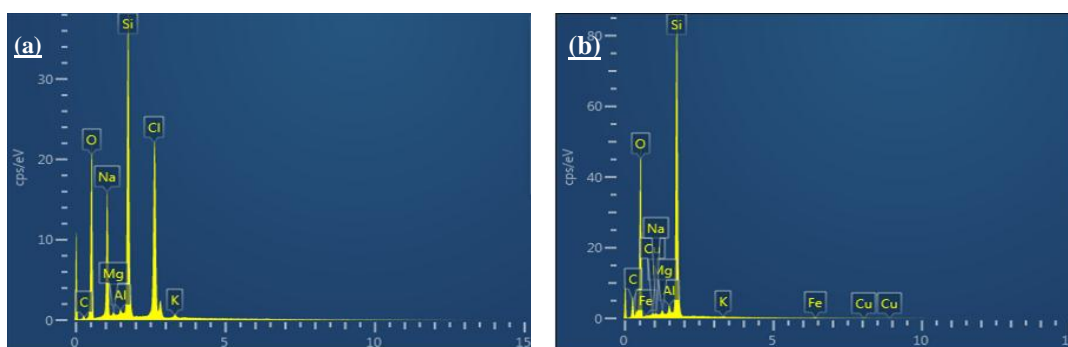
Gambar 10. (a) Kurva isoterm Langmuir dan (b) isoterm Freundlich adsorpsi ion Cu(II)

Gambar 10 menunjukkan bahwa adsorpsi ion logam Cu(II) oleh silika termodifikasi arginin dengan senyawa penggandeng terjadi secara kimia (isoterm Freundlich) yaitu situs aktif pada adsorben akan berikatan dengan ion logam dan terjadi secara fisika (isoterm Langmuir) dimana interaksi terjadi dengan cara ion logam memasuki pori-pori adsorben dengan gaya van der Waals. Dari uraian diatas dapat dikatakan bahwa adsorpsi dengan silika termodifikasi arginin dengan senyawa penggandeng GPTMS mengikuti persamaan Langmuir dan Freundlich. Namun, adsorpsi lebih dominan mengikuti persamaan Langmuir karena adanya gugus-gugus aktif yang baru memungkinkan adanya ikatan kimia antara ion logam Cu(II) dengan gugus-gugus aktif seperti gugus $-\text{COOH}$ dan gugus $-\text{NH}_2$. Indikasi adanya ikatan antara ion logam Cu(II) dengan gugus aktif adsorben dapat dilihat pada Gambar 11.

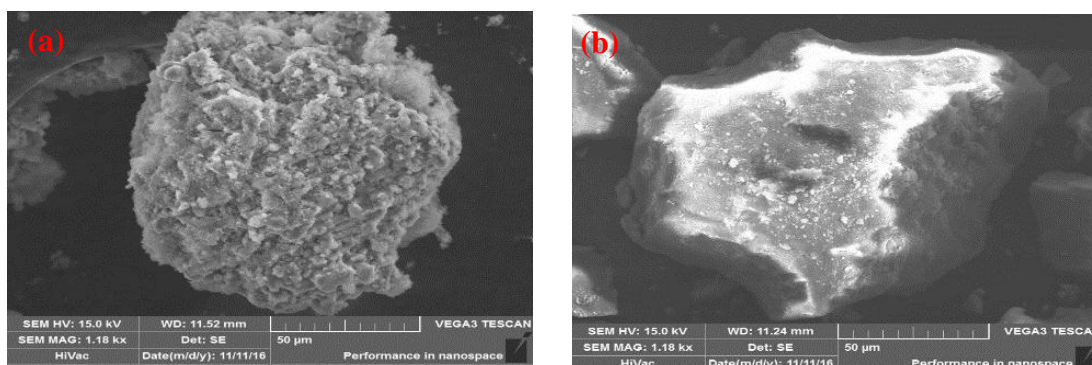


Gambar 11. (a) Spektra FTIR silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengandeng GPTMS sebelum dan (b) setelah adsorpsi ion logam Cu (II)

Gambar 11 terlihat bahwa terdapat perbedaan spektra silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengandeng GPTMS sebelum dan setelah mengadsorpsi ion logam Cu(II). Perubahan terjadi pada spektra serapan -OH tumpang tindih -NH pada 3365 cm⁻¹ dari 3394 cm⁻¹ dan serapan -OH mengalami penurunan intensitas. Perubahan bentuk serapan -OH tumpang tindih -NH ini diindikasikan karena adanya interaksi antara gugus -OH maupun -NH dengan ion logam Cu(II) membentuk suatu ikatan (Amanda, 2014). Untuk uji kualitatif ion logam Cu(II) yang terserap dilihat dari uji SEM-EDX yang ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. (a) Spektra EDX silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengandeng GPTMS sebelum dan (b) setelah adsorpsi ion logam Cu(II)



Gambar 13. (a) Morfologi dari Silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengganggeng GPTMS sebelum dan (b) setelah adsorpsi ion logam Cu (II)

Gambar 12 terlihat bahwa sebelum adsorpsi ion logam Cu (II), silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengganggeng GPTMS tidak mengandung Cu(II), namun setelah dilakukan adsorpsi terlihat adanya logam Cu pada silika termodifikasi. Hal ini didukung dengan adanya morfologi dari adsorben sebelum dan setelah adsorpsi ion logam Cu(II) pada Gambar 13. Morfologi dari silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengganggeng GPTMS sebelum adsorpsi ion logam Cu(II) terlihat lebih berpori sedangkan setelah mengadsorpsi ion logam Cu(II), morfologi dari silika termodifikasi arginin menjadi tidak berpori. Hal ini menandakan bahwa ion logam Cu(II) telah memasuki pori-pori silika termodifikasi arginin.

KESIMPULAN

Hasil karakterisasi XRD dari silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengganggeng GPTMS terdapat puncak melebar pada 2θ $10-15^\circ$ dan $20-25^\circ$. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan terjadi perubahan karakteristik yang ditunjukkan dengan munculnya serapan baru gugus $-NH$ pada 3394 cm^{-1} , serapan $-NH$ tekuk pada 1570 cm^{-1} , serapan $-CH$ pada 2947 cm^{-1} , dan serapan $-C-N$ pada 1356 cm^{-1} . Hasil karakterisasi dengan SAA menunjukkan peningkatan luas permukaan silika termodifikasi arginin ($382,67\text{ m}^2/\text{g}$) dibandingkan silika AAT ($64,31\text{ m}^2/\text{g}$). Silika termodifikasi arginin dengan senyawa pengganggeng GPTMS mengalami peningkatan kapasitas adsorpsi dibandingkan dengan silika AAT dengan kapasitas adsorpsi berturut-turut sebesar $0,52\text{ mg/g}$ dan $0,12\text{ mg/g}$. Jenis adsorpsi ion logam Cu(II) lebih dominan mengikuti isoterm Langmuir yaitu adsorpsi terjadi secara kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhinov, A.F., Hati, D.P., Nazriati, and Setyawan, H., 2010. Sintesis Silika Aerogol Berbasis Abu Bagasse dengan Pengeringan pada Tekanan Ambient, *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*, ISSN: 1411-4216.
- Alberty, R.A., and Daniel, F., 1987. *Physical Chemistry*. Canada. John Willey and sons Inc.
- Amanda, C., 2014. *Sintesis dan Karakterisasi Silika dari Abu Ampas Tebu Termodifikasi Sistein sebagai Adsorben Logam Tembaga (Cu)*, Skripsi, Surakarta: Kimia FMIPA UNS.
- Andaka, G., 2008. Penurunan Kadar Tembaga pada Limbah Cair Industri Kerajinan Perak dengan Presipitasi Menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Teknologi* 1(2), 127-134.
- Buhani., Narsito., Nuryono., and Kunarti, E.S., 2009. Amino and Mercapto-Silica Hybrid For Cd(II) Adsorption in Aqueous Solution. *Indonesian Journal Chemistry* 9(12), 170-176.
- Hastuti, S., Nuryono and Agus, K., 2015, L-Arginin-Modified Silica for Adsorption of Gold(III). *Indonesian Journal Chemistry* 15 (2), 108-115.
- Lee, J.Y., Chen, C.H., Cheng, S., and Li, H.Y., 2015. Adsorption of Pb(II) and Cu(II) Metal Ions on Functionalized Large-Pore Mesoporous Silica. *International Journal Environment Science Technology* 13(1), 1-12. doi: 10.1007/S13762-015-0841-y.
- Mujiyanti, D.,R., and Nurmasari, R.,2012. Imobilisasi 1,8- Dihidroxyanthraquinon pada Silika Gel Melalui Proses Sol-Gel. *Sains dan Terapan Kimia* 6(1), 25-34.
- Nuryono and Narsito, 2006. Adsorpsi Zn(II) dan Cd(II) pada Hibrida Amino-Silika dari Abu Sekam Padi. *Alchemy* 5(2), 1-12.
- Rompas, G.P., Pangouw, J.D., Pandelege, R., and Mangare, J.B., 2013. Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Parsial Semen dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Sipil Statik* 1(2), 82-89.
- Sajidu, S.M.I., Persson, I., Masamba, W.R.L., Henry, E.M.T., and Kayambazinthu, D., 2006. Removal of Cd²⁺, Cr³⁺, Cu²⁺, Hg²⁺, Pb²⁺ dan Zn²⁺ Cations and AsO₄³⁻ Anions from Aqueous Solutions by Mixed Clay from Tundulu in Malawi and Characterization of The Clay. *Water SA* 32(4), 520-526.
- Sriyanti, Taslimah, Nuryono, and Narsito, 2005. Sintesis Bahan Hibrida Amino Silika dari Abu Sekam Padi Melalui Proses Sol Gel. *Jurnal Kimia Sains & Aplikasi* 8(1), 1-10.
- Vaibhav, V., Vijayalakshmi, U., and Roopan, S.M., 2014. Agricultural Waste as a Source for Production of Silica Nanoparticles. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, ISSN: 1386-1425
- Varghese, J.G., Karuppanan, R.S., and Kariduraganavar, M.Y., 2010. Development of Hybrid Membranes Using Chitosan and Silica Precursors for Pervaporation Separation of Water + Isopropanol Mixtures. *Journal of Chemical & Engineering data* 55(6), 2084-2092. doi: 10.1021/je9003993.
- Wogo, H.E., Segu, J.O., and Ola, P.D., 2011. Sintesis Silika Gel Terimobilisasi Dithizon melalui Proses Sol-Gel. *Sains dan Terapan Kimia* 5(1), 84-95.

- Wu, Z., Zhao-Zhan, W., Jie., Liu., Jin-Hua, Y., and Shao-Ping, K., 2016. Removal of Ion Cu(II) Ions from Aqueous Water by L-Arginin Modifying Magnetic Chitosan. *Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects* 499, 141-149. doi: 10.1016/j.colsurfa.2016.04.012.
- Wu, Y., Zhang, L., Gao, C., Ma, J., Ma, X., and Han, R., 2009. Adsorption of Copper Ions and Methylene Blue in a Single and Binary System on Wheat Straw. *Journal of Chemical & Engineering Data* 54, 3229–3234. doi: 10.1021/je900220q.
- Yusuf, M., Suhendar, D., and Hadisantoso, E.P., 2014. Studi Karakterisasi Silika Gel Hasil Sintesis dari Abu Ampas Tebu dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida. *Jurnal Istek* 8 (1), 16-28.