

Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 Dan Hcl Dalam Pembuatan Silika Gel Dari Daun Bambu Untuk Adsorpsi Logam Besi (Fe)

The Effect Of H_2SO_4 And HCl Concentration in Making Silica Gel from Bamboo Leaves for Iron (Fe) Adsorption

Andi Asdiana Irma Sari Yusuf*, Sariwahyuni, Astuti Sinta Nuria, Katrina Yanti Tumanan, Andi Ariatmasanti Aksan dan Ratnasari

Jurusan Teknik Kimia Mineral, Politeknik ATI Makassar, Jl. Sunu No.220, Makassar, Sulawesi Selatan 90211, Indonesia

Kata Kunci: Daun Bambu, Adsorpsi, Logam Besi (Fe), Silika Gel, Katalis Asam, HCl dan H_2SO_4

Inti Sari

Daun bambu mengandung silika cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan silika gel, yang banyak dimanfaatkan dalam proses adsorpsi. Salah satu adsorpsi yang sering dilakukan yaitu adsorpsi logam besi (Fe) dalam air. Air dengan kandungan logam besi (Fe) yang tinggi berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup. Penelitian ini dilakukan untuk pembuatan silika gel dari daun bambu sebagai adsorben logam besi (Fe) pada air, melalui tahap pengabuan, pembuatan natrium silikat, dan pembentukan gel serta analisis efisiensi adsorpsi logam besi (Fe). Pembuatan silika gel menggunakan katalis HCl dan H_2SO_4 dengan konsentrasi 0.5 M, 1 M, 1.5 M, 2 M, dan 2.5 M kemudian digunakan dalam penyerapan logam besi (Fe). Hasil penelitian menunjukkan efisiensi adsorpsi logam besi (Fe) oleh silika gel dengan katalis H_2SO_4 0.5 M, 1 M, 1.5 M, 2 M, dan 2.5 M sekitar 70,86 - 99,82% dengan hasil tertinggi pada konsentrasi 2.5 M sedangkan pada penggunaan HCl dengan variasi konsentrasi sama diperoleh efisiensi adsorpsi logam besi (Fe) 71,75 - 98,05% dan diperoleh hasil terbaik pada konsentrasi 0.5 M. Dengan demikian, variasi terbaik diperoleh dari Silika gel-HCl 0.5M karena dengan hanya menggunakan konsentrasi asam yang rendah diperoleh efisiensi adsorpsi yang tinggi.

Abstract

Bamboo leave contains high enough silica in other that it can be used as a material for making silica gel which is widely used in the adsorption process. One of the adsorptions that is often done is the adsorption of metal iron (Fe) in water. Water with a high content of metal iron (Fe) will be dangerous for the environment and living things. This research was conducted to produce silica gel from bamboo leaves as an adsorbent for iron (Fe) metal in water, through the stages of ashing, making sodium silicate, and forming a gel as

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Email :

jcpe@umi.ac.id

***Corresponding Author**
andiasdianaisy@atim.ac.id



Journal History

Paper received : 31 Juli 2023

Received in revised :19 Agustus 2023

Accepted :25 Agustus 2023

Key Words : Bamboo Leave, Adsorption, Metal iron (Fe), Gel Silica, Acid Catalyst, HCl dan H_2SO_4

well as analyzing the efficiency of iron (Fe) adsorption. Preparation of silica gel using catalysts HCl and H_2SO_4 0.5 M, 1 M, 1.5 M, 2 M, and 2.5 M were then used in the absorption of ferrous metal (Fe). The results showed the adsorption efficiency of iron metal (Fe) by silica gel with H_2SO_4 0.5 M, 1 M, 1.5 M, 2 M, and 2.5 M about 70.86 - 99.82% with the highest result by using 2.5 M. The same preparation was done by using HCl as catalyst with the same concentration variations. It obtained the adsorption efficiency of iron metal (Fe) about 71.75 - 98.05% and the best results were resulted at a concentration of 0.5 M. The best variation of silica gel was made by using HCl 0.5M because it only need low concentration of acid to gain high efficiency.

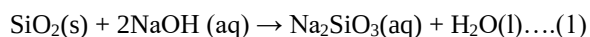
PENDAHULUAN

Bambu termasuk bahan alami yang menguntungkan karena kuat dan mudah dibentuk sehingga banyak digunakan masyarakat [1]. Sedangkan bagian lain dari bambu yang seringkali menjadi objek terlupakan dan menumpuk sebagai limbah di lingkungan yaitu daun bambu. Padahal daun bambu sendiri memiliki kandungan silika dengan potensi pemanfaatan menjadi produk tertentu bernilai guna tinggi. Silika dalam daun bambu dapat diolah menjadi silika gel. Pembuatan silika pada daun bambu dapat dilakukan dengan pembakaran kemudian diproses sedemikian rupa hingga diperoleh silika yang bersifat reaktif dan bereaksi menjadi bahan yang keras dan kaku [2] [3].

Silika gel berstruktur amorf, mempunyai kestabilan yang tinggi dan dapat dibuat dengan menggunakan proses sol-gel[4]. Proses sol-gel sendiri terdiri dari dua tahap utama yaitu pembentukan sol dan gel. Sol yaitu partikel koloid atau polimer dalam fasa cair, sedangkan gel adalah zat yang memiliki pori semi-rigid [5][6]. Pembuatan silika gel terdiri dari empat tahap yaitu konversi silika menjadi natrium silikat dengan penambahan NaOH, pembentukan hidrosol melalui reaksi Na_2SiO_3 dengan asam, produksi silika hidrogel, dan pembentukan xerogel dari silika hidrogel yang dipanaskan [7].

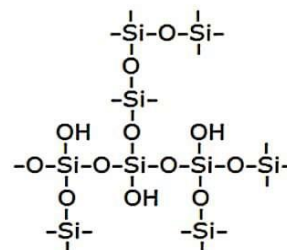
Pemanfaatan silika gel antara lain sebagai adsorben, pengering dan pendukung katalis. Salah satu kelebihan silika gel yakni aman digunakan pada makanan, obat-obatan dan bahan sensitif. Silika gel dapat dihasilkan dengan proses aglomerasi sol Na_2SiO_3 . Tekstur dari sol itu sendiri menyerupai gel sehingga kandungan air dapat diuapkan kemudian sifat elastisitas dapat dihilangkan[8][9].

Berikut reaksi untuk pembentukan natrium silikat [[7]:



Silika dalam daun bambu memiliki gugus siloksi (Si-O), gugus silanol (Si-OH), dan gugus siloksan (Si-

O-Si). Kandungan gugus aktif silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) pada permukaan menyebabkan silika gel menjadi adsorptif [10][11].

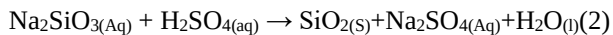


Gambar 1. Struktur Silika Gel

Penggunaan silika gel yang terbuat dari daun bambu sebagai adsorben telah dilakukan pada penelitian sebelumnya untuk mengadsorpsi Cd dengan kapasitas adsorpsi Cd (II) optimum sebesar 0,389 mg/g [10] dan adsorpsi logam besi (Fe) sebanyak 0,536 ppm [11]. Zat besi (Fe) secara umum banyak terkandung di air dan terlarut dalam bentuk ion Fe^{2+} . Air dengan kandungan ion Fe^{2+} cenderung berwarna kuning dan berbahaya bagi lingkungan [12]. Air yang terpapar Besi (Fe) dapat membahayakan paru-paru makhluk hidup, terendapkan pada dinding pipa, mengakibatkan peningkatan nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Solid* (TS) air [13]. Proses penanganan pencemaran logam berat seperti logam Fe dapat dilakukan dengan metode adsorpsi. Adsorben yang digunakan sangat mempengaruhi keberhasilan proses adsorpsi. Secara umum, adsorben alami banyak dipilih karena alasan efektif dan sangat ekonomis [8]. Bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah silika gel dan seperti yang dijelaskan pada pemaparan sebelumnya bahwa silika gel dapat dibuat dari daun bambu.

Pembuatan silika gel dengan menggunakan asam kuat memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik dibandingkan silika gel yang dibuat dengan menggunakan asam lemah. Adapun dua senyawa yang bersifat sebagai asam kuat yaitu H_2SO_4 dan HCl. Kedua asam tersebut cukup terkenal dan sering digunakan

dalam berbagai proses kimia. Pada pembuatan silika gel dilakukan penambahan H_2SO_4 atau HCl pada larutan natrium sulfat yang berfungsi dalam pembentukan hidrogel silika [12][13]. Reaksi pembentukan silika dengan menggunakan asam kuat sebagai berikut [14]:



Penambahan larutan H_2SO_4 pada larutan Na_2SiO_3 akan membentuk silika dan garam natrium sulfat yang memiliki ukuran cukup besar sehingga sangat mungkin untuk terperangkap pada pori silika gel apabila silika gel tidak dicuci dengan sempurna. Sedangkan Pembuatan silika gel dengan penambahan larutan HCl pada larutan Natrium silikat akan membentuk garam natrium klorida yang memiliki ukuran partikel yang kecil sehingga lebih mudah dihilangkan dengan pencucian menggunakan air dan meninggalkan pori-pori kecil pada silika gel [15].

Dari pemaparan tersebut dapat dianalisis lebih lanjut mengenai kelebihan dan kekurangan silika gel dengan katalis H_2SO_4 atau HCl . Namun, perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penggunaan kedua asam kuat tersebut dengan mempertimbangkan konsentrasi yang digunakan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi H_2SO_4 dan HCl dalam pembuatan silika gel dari daun bambu untuk adsorpsi logam besi (Fe).

METODE PENELITIAN

Adapun alat untuk penelitian ini meliputi tanur, oven, neraca analitik, desikator, *magnetic stirrer*, *centrifuge*, cawan porselin, tabung *centrifuge*, alat-alat gelas, mortar, corong kaca dan penyangga corong. Sedangkan bahan penelitian meliputi aquadest, daun bambu, NaOH , $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, H_2SO_4 dan HCl .

2.1. Preparasi Abu Daun Bambu

Daun bambu dibersihkan kemudian dikeringkan dengan sinar matahari, kemudian dipanaskan hingga menjadi arang dan dimasukkan dalam tanur dengan suhu 650°C selama 4 jam. Setelah itu, arang daun bambu didinginkan dalam desikator. Abu yang diperoleh kemudian digerus dan diuji dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF).

2.2. Pembuatan Natrium Silikat (Na_2SiO_3)

Sebanyak 25 gram abu daun bambu dilarutkan menggunakan 500 mL NaOH 1M, kemudian dipanaskan

selama 1 jam. Larutan hasil pemanasan didiamkan selama 18 jam lalu disaring.

2.3. Pembuatan silika gel

Sebanyak 30 mL larutan Na_2SiO_3 ditambahkan katalis H_2SO_4 0.5 M secara perlahan sambil diaduk hingga berubah menjadi gel (hidrogel) dan mencapai pH 7. Hidrogel selanjutnya didiamkan selama 12 jam lalu disaring. Gel hasil penyaringan dibilas dengan aquadest sampai pH netral, kemudian ditimbang dan dikeringkan dengan temperatur 120°C menggunakan oven selama 5 jam, dilanjutkan dengan melakukan pendinginan dalam desikator. Silika gel yang diperoleh digerus dengan menggunakan mortar. Prosedur pembuatan silika gel diulang dengan mengganti H_2SO_4 0.5 M dengan konsentrasi lain meliputi 1 M, 1.5 M, 2 M, dan 2.5 M, dan HCl dengan variasi konsentrasi yang sama.

2.4. Adsorpsi Ion Logam Besi

Sebanyak 0,5 gram silika gel daun bambu dicampur dengan air contoh yang mengandung logam besi (Fe) sebanyak 50 mL, kemudian diaduk selama 90 menit. Campuran silika gel dan air tercemar Fe tersebut diagitasi dengan pada *centrifuge* dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 menit. Filtrat dari hasil penyaringan campuran yang telah *disentrifugasi* kemudian dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) untuk mengetahui konsentrasi logam besi (Fe) yang terkandung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tabel 1 ditunjukkan hasil analisis logam besi (Fe) yang terkandung dalam air sesudah proses adsorpsi dengan adsorben silika gel yang menggunakan katalis asam kuat (H_2SO_4 dan HCl) serta nilai kapasitas dan efisiensi adsorpsi logam besi (Fe).

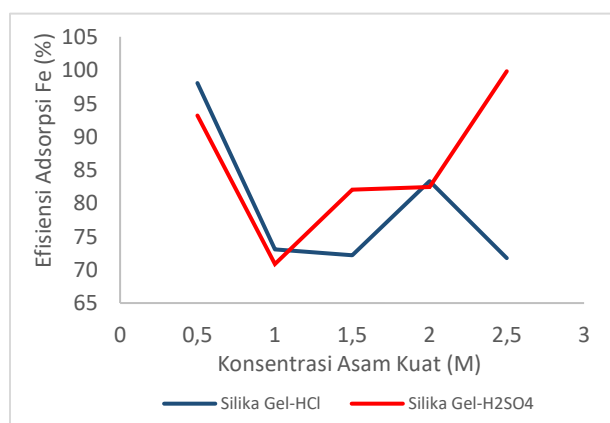
Gambar 2 menunjukkan efisiensi adsorpsi besi (Fe) pada air tercemar dengan konsentrasi Fe sebelum adsorpsi 0.3795 mg/L. Efisiensi penyerapan besi (Fe) oleh silika gel dengan katalis H_2SO_4 0.5 M sudah cukup tinggi yaitu 93.15%. Meskipun pada konsentrasi 1M mengalami penurunan, akan tetapi adsorpsi oleh silika gel- H_2SO_4 menunjukkan trend dengan efisiensi penyerapan semakin tinggi dengan peningkatan konsentrasi larutan H_2SO_4 yaitu sekitar 70,86 - 99,82%.

Kemampuan adsorpsi logam oleh silika gel dipengaruhi oleh kandungan siloksan (Si-O-Si) gugus aktif silanol (Si-OH).

Tabel 1. Analisis Adsorpsi Logam Besi (Fe)

No.	Jenis Silika	Konsentrasi Asam (M)	Konsentrasi Akhir Fe (mg/l)	Kapasitas Adsorpsi Fe (mg/g)	Efisiensi Adsorpsi Fe (%)
1.	Silika Gel-HCl	0.5	0.0074	0.0371	98.05
2.		1	0.1021	0.0277	73.10
3.		1.5	0.1055	0.0273	72.20
4.		2	0.0632	0.0315	83.35
5.		2.5	0.1071	0.0271	71.75
6.	Silika Gel-H ₂ SO ₄	0.5	0.0260	0.0349	93.15
7.		1	0.1106	0.0268	70.86
8.		1.5	0.0683	0.0310	82.00
9.		2	0.0666	0.0311	82.45
10.		2.5	0.0007	0.0378	99.82

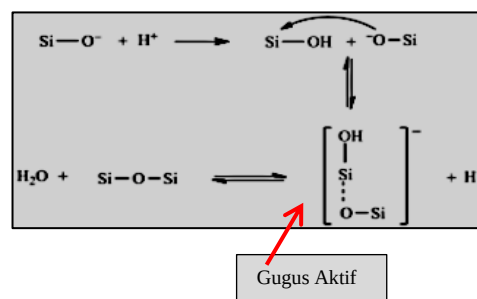
Sumber : Data Primer, 2022

Gambar 2. Hubungan Antara Konsentrasi Larutan H₂SO₄ Terhadap Efisiensi Adsorpsi Silika Gel

Kedua gugus aktif tersebut memberikan sifat penjerap dengan mendorong peningkatan interaksi antara adsorben dan logam. Mekanisme reaksi pembentukan gugus aktif Silanol (Si-OH) dan Siloksan (Si-O-Si) ditunjukkan pada Gambar 3 berikut..

Semakin tinggi konsentrasi katalis asam maka jumlah proton yang disiapkan juga semakin banyak. Pembentukan proton yang banyak mendorong juga pembentukan Si-O-Si dan Si-OH yang lebih banyak sehingga penyerapan ion logam besi (Fe) lebih banyak.

Adapun pada konsentrasi HCl dan H₂SO₄ 0,5 M, adsorpsi besi lebih banyak dibanding 1 M, 1.5 M dan 2 M karena jumlah proton yang dibebaskan masih terbilang sedikit sehingga reaksi yang terjadi untuk mencapai kesetimbangan hanya cenderung pada penyerapan Fe oleh gugus siloksi (Si-O-).



Gambar 3. Mekanisme Reaksi pembentukan gugus aktif Silanol (Si-OH) dan Siloksan (Si-O-Si)

Proses pembentukan ikatan pada silika gel berlangsung cepat dan terus berlanjut. Penambahan katalis asam sangat berdampak pada kompleksitas dan kandungan silika gel yang dihasilkan. Dengan peningkatan konsentrasi HCl pada pembuatan silika gel maka efisiensi adsorpsi logam besi (Fe) semakin menurun. Silika gel-HCl 0,5 M, 1 M, 1,5 M, dan 2,5 M memiliki efisiensi adsorpsi logam Fe sekitar 71.75 - 98.05%. Pada HCl 2 M terjadi peningkatan efisiensi adsorpsi yaitu mencapai 83,35% disebabkan karena pada pembuatan silika gel tidak dilakukan penyetaraan ukuran partikel, sehingga mengakibatkan ukuran partikel silika gel-HCl 2 M lebih kecil dan halus dari silika gel lain. Partikel silika gel yang lebih kecil dan halus akan memperluas permukaan silika gel sehingga kapasitas adsorpsi ion Fe meningkat.

Pada pemanfaatan silika gel-H₂SO₄ terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi pada penggunaan katalis H₂SO₄ 1 - 2.5 g/L karena jumlah proton yang terbentuk menghasilkan gugus aktif yang lebih banyak. Jumlah

gugus aktif yang bertambah mendorong reaksi penyerapan terhadap adsorbat Fe meningkat. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian terdahulu [6] yang memanfaatkan silika gel untuk adsorpsi, diperoleh daya adsorpsi lebih baik dengan peningkatan jumlah gugus aktif. Selain itu, penggunaan asam kuat akan memperbanyak silika [16] dalam struktur silika gel sehingga kapasitas penyerapan logam meningkat.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan efisiensi adsorpsi logam besi (Fe) oleh silika gel dengan katalis H_2SO_4 0.5 M, 1 M, 1.5 M, 2 M, dan 2.5 M sekitar 70,86-99,82% dengan hasil tertinggi pada konsentrasi H_2SO_4 2.5 M sedangkan pada penggunaan katalis HCl dengan variasi konsentrasi sama diperoleh efisiensi adsorpsi logam besi (Fe) 71,75-98,05% dan diperoleh hasil terbaik pada konsentrasi 0.5 M. Dengan demikian, silika gel dari daun bambu terbaik dalam adsorpsi logam besi (Fe) dengan menggunakan HCl 0.5M. Efisiensi penyerapan logam besi (Fe) oleh silika gel terbaik diperoleh dengan katalis HCl 0.5 M, karena dengan hanya menggunakan konsentrasi HCl rendah dapat menyerap 98.05% logam besi (Fe) dalam air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada UPPM Politeknik ATI Makassar untuk pendanaan publikasi dan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kasman, "Analisis Pemanfaatan Beberapa Jenis Bambu (Bambooo Sp.) Pada Hutan Rakyat di Kecamatan Kajang Kabupaten Bulkumba," *Skripsi*, pp. 1-61, 2020. https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/10882-Full_Text.pdf
- [2] F. Nadwi, "Sintesis Nanosilika Daun Bambu (Bambusa sp.) Menggunakan Metode Hidrotermal Synthesis Nanosilica of Bamboo 's Leaf (Bambusa sp .) by Using Hydrothermal Method," no. November, pp. 96-100, 2020, doi : doi.org/10.26874/jkk.v3i2.56
- [3] A. I. Nura Diana, S. Fansuri, and D. Desharyanto, "Penambahan Abu Daun Bambu Sebagai Substitusi Material Semen Terhadap Kinerja Beton," *Padur. J. Tek. Sipil Univ. Warmadewa*, vol. 9, no. 2, pp. 172-182, 2020, doi: [10.22225/pd.9.2.1788.172-182](https://doi.org/10.22225/pd.9.2.1788.172-182).
- [4] K. Megasari , H. Herdiyanti, dan G. Nurliati "Sintesis Silika Xerogel Dari Abu Daun Bambu Sebagai Adsorben Uranium" vol. 13, no. 1, pp. 27-36, 2020, doi: [Tecnologi Material Maju : Prinsip Dasar dan Aspek Rekayasa,"](https://doi.org/10.26874/jkk.v3i2.66) *Dokumen HKI/Paten*, 2018. Available: http://repository.unp.ac.id/30520/7/5_HKI_5_Tecnologi_Material_Maju_Prinsip_Dasar_Dan_Aspek_Rekayasa_.pdf
- [5] Y.M. Liza, R.C. Yasin, S.S. Maidani and R.Zainul, " Gelatin Sol-Fel Proces's Densification Ageing Drying,, *INA Rxiv Papers*, pp. 1 - 19, 2018, doi: [10.31227/osf.io/2cuh8](https://doi.org/10.31227/osf.io/2cuh8)
- [6] M. Fathurrahman, A. Taufiq, D. Widiastuti, F. Dwi, and F. Hidayat, "Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Tongkol Jagung sebagai Adsorben Ion Logam Cu (II) Synthesis and Characterization of Silica Gel from Corn cob Ash As Adsorbent of Cu (II) Metal Ion," no. November, pp. 89-95, 2020, doi : [10.26874/jkk.v3i2.66](https://doi.org/10.26874/jkk.v3i2.66)
- [7] J. N. Naat, Y. A. B. Neolaka, Y. Lawa, D. Lestarani, and L. A. M. Parera, "Studi pH Dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Ion Mn(II) Menggunakan Adsorben Silika@Kitosan Dengan Pemanfaatan Silika Yang Bersumber Dari Pasir Alam," *Pros. Webinar Nas. Pendidik. dan Sains Kim.*, no. 3, pp. 121-128, 2020, [Online]. Available: <https://conference.undana.ac.id/WNPSK/article/view/110>
- [8] E. Evan, P. Pardoyo, and A. Darmawan "Pembuatan Nanosilika dari Abu Sekam Padi pada Variasi pH Sol Gel," *Jft*, vol. 2, no. 1, pp. 8-13, 2022, doi: doi.org/10.14710/gjec.2022.14720
- [9] A. S. Panggabean, Yasrin, dan Alimuddin, "Pembuatan Silika Gel Dari Abu Daun Bambu Petung (Dendrocalamus asper (Schult. f) Backer ex Heyne) dan Aplikasinya Untuk Adsorpsi Ion Cd (II)," *J. At.*, vol. 1, no. 2, pp. 107-113, 2020. Available: <http://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JA/article/view/831>
- [10] R. Putra, R. Elvia, and H. Amir, "Sintesis Silika-Kitosan Untuk Menurunkan Kadar Ion Besi Dalam Air Permukaan," *Alotrop*, vol. 6, no. 1, pp. 15-27, 2022, doi: [10.33369/atp.v6i1.20318](https://doi.org/10.33369/atp.v6i1.20318).
- [11] I. Nurhayati, S. Vigiani, and D. Majid, "Penurunan Kadar Besi (Fe), Kromium (Cr), COD dan BOD Limbah Cair Laboratorium dengan Pengenceran, Koagulasi dan Adsorpsi," *Fe*, vol. 14, no. 1, pp. 74-87, 2020, doi: doi.org/10.24843/EJES.2020.v14.i01.p07
- [12] H. W. Sumakul, "Efektifitas Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Kekeruhan pada Air Tanah dengan

- Penambahan Media Kulit Ubi Kayu (*Manihot esculenta crantz*),” p. 1, 2019. Available: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/higiene/article/view/14087/8476>
- [13] A. A. I. S. Yusuf, "Analisis Kandungan Logam Berat dalam Air Tanah dari Area Pemukiman Warga d Sekitar PT. KIMA dengan Menggunakan Metode Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)", *e-Prosiding Semianr Nasional Teknologi Industri VIII*, vol. 1 no.1, pp. 358 – 361, 2021. Available: <https://journal.atim.ac.id/index.php/prosiding/article/view/414/321>
- [14] Puncochar, M. (2023). "Chemical Equations", Juli 2023 . Available: <https://chemequations.com/en/?s=Na2SiO3+%2B+H2SO4+%3D+SiO2+%2B+Na2SO4+%2B+H2O>
- [15] D. Nur'aeni, E. P. Hadisantoso, and D. Suhendar, "Adsorpsi Ion Logam Mn^{2+} dan Cu^{2+} Oleh Silika Gel dari Abu Ampas Tebu," *al-Kimiya*, vol. 4, no. 2, pp. 70–80, 2019, doi: 10.15575/ak.v4i2.5087
- [16] M. Riza, F. Fachaniah, and S. Syafruddin, "Pembuatan Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Pereaksi Asam Kuat dan Asam Lemah dengan Menggunakan Variasi Jumlah Abu Silikat," *Jurnal Teknologi*, vol. 22, no. 1, 55, 2022, doi : 10.30811/teknologi.v22i2.3116