

Pemanfaatan Gelatin Kulit Ikan Garing (*Tor tambra*) sebagai surfaktan dengan Na₂SiO₃ untuk Sintesis Silika Nanopartikel

Irma Suryani¹, Syamsi Aini²

¹²Kimia, Universitas Negeri Padang
e-mail: is4872890@gmail.com

Abstrak

Silika nanopartikel adalah padatan yang memiliki ukuran pori 1-100 nm yang berguna dalam bidang kimia seperti katalis, penghantaran obat, sensor, adsorpsi, dan lain sebagainya. Sintesis silika nanopartikel terus dikembangkan dengan bahan-bahan terbarukan seperti gelatin. Saat ini, peneliti menggunakan natrium silikat sebagai prekursor dengan penggunaan surfaktan bentuk gelatin dari kulit ikan garing dengan konsentrasi gelatin 1,25% menggunakan metode sol-gel. Hasil FTIR gelatin kulit ikan garing menunjukkan 4 daerah serapan struktur gelatin, yaitu amida A, amida I, amida II dan amida III. Karakterisasi SEM silika didapatkan SG 1,25% dengan morfologinya yang teratur. Karakterisasi XRD dari NP silika ikan garing yang dihasilkan merupakan kristal kristobalit pada produk SG 1,25%. Hasil FTIR dari NP silika membuktikan bahwa gugus fungsi surfaktan khas gelatin telah lepas dari silika. Karakterisasi SEM NP silika didapatkan SG 1,25% dengan morfologinya yang teratur dengan bentuk batang.

Kata kunci: *Nanopartikel Silika, Gelatin, Sol-Gel*

Abstract

Silica nanoparticles are solids that have a pore size of 1-100 nm which are useful in the chemical field such as catalysts, drug delivery, sensors, adsorption, and so on. The synthesis of silica nanoparticles continues to be developed with renewable materials such as gelatin. Currently, researchers are using sodium silicate as a precursor using gelatin form surfactant from crispy fish skin with a gelatin concentration of 1.25% using the sol-gel method. The FTIR results of crispy fish skin gelatin showed 4 absorption areas of the gelatin structure, namely amide A, amide I, amide II and amide III. SEM characterization of silica showed SG 1.25% with regular morphology. XRD characterization of the crispy fish silica NPs produced was cristobalite crystals in the 1.25% SG product. FTIR results from silica NPs prove that the surfactant functional groups typical of gelatin have been released from silica. SEM characterization of silica NPs showed SG 1.25% with a regular morphology with a rod shape.

Keywords : *Nanoparticles, Gelatin, Sol-Gel*

PENDAHULUAN

Nanopartikel silika pertama kali disintesis oleh Laboratorium Mobil Corporation pada tahun 1992. Nanopartikel silika merupakan silika dengan ukuran pori <100 nm. Bahan NP dengan struktur berbeda telah menarik banyak perhatian untuk aplikasi kimia dalam katalis, pemisahan, penghantar obat, sensor, adsorpsi, kromatografi, dll. Oleh karena itu, NPs masih terus diteliti, disintesis dan terus dikembangkan [1]. Nanopartikel silika umumnya menggunakan empat bahan dasar utama yaitu sumber silika, surfaktan, pelarut dan aditif [2]. Nanopartikel silika dapat disintesis menggunakan tetrametil ortosilikat (TMOS) atau tetraetil ortosilikat (TEOS) dan Natrium Silikat (Na_2SiO_3). TEOS maupun TMOS merupakan sumber silika dengan harga yang mahal dan beracun karena menghasilkan produk samping berupa alkohol [2].

Senyawa natrium silikat dapat dibuat melalui reaksi antara unsur silika dengan NaOH atau silika dengan Na_2CO_3 . Reaksi antara silika dengan NaOH dilakukan pada temperatur yang rendah dan reaksi antara silika dengan Na_2CO_3 dilakukan pada temperatur yang tinggi. Aini, S & Efendi, J (2009) sebelumnya telah melakukan penelitian dengan mencampurkan silika (SiO_2) dengan NaOH dan Na_2CO_3 dengan perbandingan massa 4:4:1 pada suhu 300°C . Silika adalah mineral yang terbentuk dari silikon dan oksigen, dan ketika direaksikan dengan natrium pada suhu tinggi, menghasilkan natrium silikat dengan kualitas yang baik. Silika dapat diperoleh dari berbagai sumber, salah satunya adalah pasir silika [3]. Sumatera Barat merupakan daerah yang memiliki sumber daya alam seperti minyak bumi, gas alam dan bahan alam lainnya seperti logam dan nonlogam. Berdasarkan informasi dari Badan ESDM, Provinsi Sumatera Barat memiliki potensi mineral nonlogam yang cukup besar antara lain pasir kuarsa [4]. Pemanfaatan pasir silika yang digunakan sebagai bahan dasar natrium silikat yang belum terealisasi dengan baik. Pasir ini mengandung sebesar 82,59% silika didalamnya, sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan natrium silikat [2].

Nanopartikel silika dapat disintesis dengan berbagai metode seperti metode sol-gel, hidrotermal, kopresipitasi, dan lain sebagainya. Metode sol-gel adalah metode yang paling sering digunakan. Proses sol-gel dipilih karena memungkinkan untuk mengontrol ukuran partikel dan distribusi ukuran serta morfologi yang dihasilkan lebih homogen [5]. Sintesis NPs menggunakan larutan natrium silikat dengan surfaktan yang berperan sebagai molekul pengarah dalam struktur pori. Struktur pori dipengaruhi oleh sifat permukaan material dan dapat dibentuk dengan konsentrasi surfaktan (Dewi et al., 2019). Beberapa tahun belakangan ini sintesis NPs menggunakan surfaktan alami juga telah dilakukan oleh para peneliti seperti Retuert et al (2004), Zhou, G et al (2011) dan Setyawan, H dan Balgis, R (2011). Penelitian-penelitian tersebut menggunakan natrium silikat dan gelatin komersial sebagai template dalam pembuatan NPs sehingga menghasilkan diameter pori berturut-turut sebesar 10 nm, 50-100 nm, 50-200 nm, 14 nm, dan 8,4 nm. Retuert et al (2004) meyakini bahwa gugus asam amino seperti amida, dan karboksil pada gelatin mampu berikatan hidrogen dengan silika [6].

Gelatin merupakan hasil hidrolisis kolagen yang berasal dari kulit ataupun tulang hewan [7]. Gelatin digunakan sebagai agen struktur untuk mengembangkan berbagai struktur morfologi menghasilkan silika dengan luas permukaan yang tinggi dan ukuran pori yang seragam dengan stabilitas termal yang tinggi [8]. Selama ini bahan baku pembuatan gelatin berasal dari tulang dan kulit sapi atau babi. Sehingga, konsumen menghadapi beberapa hambatan untuk mengkonsumsi atau menggunakan gelatin tersebut. Karena bagi umat Islam untuk mengkonsumsi produk yang berhubungan dengan babi adalah haram, sedangkan umat Hindu menahan diri untuk tidak mengkonsumsi produk dari sapi. Untuk mencari alternatif lainnya sumber gelatin dapat di ekstrak dari kulit ikan yang bahan bakunya murah, aman dan halal. Beberapa jenis ikan yang mempunyai gelatin adalah ikan garing, ikan gabus, ikan lele, ikan patin, ikan nila, ikan tuna, dan lain sebagainya.

Pada penelitian sebelumnya penggunaan gelatin dari berbagai kulit ikan sebagai surfaktan untuk sintesis NPs telah dilakukan Erpina, Ramadhani, D. N. dan Zahran, J. F. (2023), yang mengekstraksi gelatin dari kulit ikan gabus, ikan nila dan ikan lele. Pada penelitian ini NP silika disintesis menggunakan gelatin dari kulit ikan garing sebagai surfaktan dan Na_2SiO_3 sebagai sumber silika.

METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu *magnetic stirrer*, spin bar, pipet volume, gelas ukur, erlenmeyer, batang pengaduk, gelas kimia, pH meter, labu ukur, spatula, neraca analitik, *furnace*, oven, desikator, destilasi, cawan krusibel, pisau, lumpang alu, kain kassa, kertas saring, termometer, FTIR, SEM, dan XRD.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir silika, NaOH, kulit ikan garing, aquades, HCl, Trietanolamin (TEA) HNO_3 , CH_3COOH dan Na_2CO_3 .

Prosedur Kerja

1. Preparasi Gelatin dari Kulit Ikan Garing

Sebelum dilakukan ekstraksi kulit ikan garing segar dilakukan pre- treatment terlebih dahulu untuk menghilangkan protein non kolagen. Kulit ikan garing direndam dalam 0,1 M NaOH dengan perbandingan rasio kulit dan NaOH 1:10 w/v. Campuran diaduk selama 2 jam pada suhu kamar. Larutan NaOH diganti setiap jam, setelah itu dicuci dengan aquades hingga pH netral. Dilanjutkan perendaman dalam 0,05 M asam asetat selama 2 jam dengan pengadukan lembut sampai kulit membengkak atau menebal. Kulit yang membengkak dinetralkan dengan aquades dan direndam dalam air suhu 45°C pada waterbath selama 4 jam. Selanjutnya filtrat disaring dan dikeringkan pada oven suhu 55°C sampai kering. Hasil gelatin padat yang terbentuk digerus hingga halus, diayak dan timbang. (Erpina dan Aini S., 2023).

2. Sintesis Nanopartikel Silika

NPs disintesis dari natrium silikat, bubuk gelatin dalam air dengan konsentrasi gelatin 1,25, TEA dan HCl. Sebanyak 19,6 gr (0,16 mol) natrium silikat dilarutkan dalam 50 ml air, lalu ditambahkan secara bertahap ke campuran larutan gelatin dengan konsentrasi gelatin 1,25 yang telah dicampurkan dengan TEA hingga terbentuk

sol $\equiv$ SiOH, sol ditambah dengan HCl 2M untuk menyempurnakan pembentukan asam silikat dipermukaan misel gelatin. Refluks larutan 2 jam pada suhu 90°C untuk pembentukan gel dipermukaan misel, gelatin gel yang terbentuk didiamkan selama 24 jam agar menghasilkan pengendapan yang sempurna. Setelah terjadi endapan untuk melepaskan surfaktan (misel dari gelatin dalam polimer silika) endapan silika yang terbentuk di kalsinasi pada suhu 300°C selama 1 jam dan dinaikkan pada suhu 650°C selama 5 jam hingga terbentuk silika berpori. (Erpina dan Aini, S., 2023).

3. Karakterisasi Gelatin

Karakterisasi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengidentifikasi gugus fungsi gelatin kulit ikan garing dan gelatin standar.

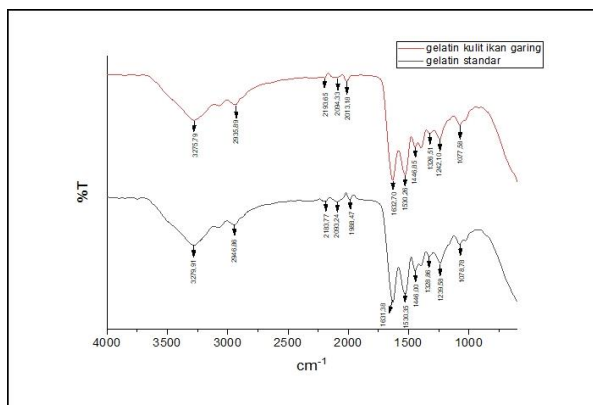
4. Karakterisasi NPs

Karakterisasi NPs menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui gugus fungsi dari surfaktan telah hilang, XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan untuk menentukan kristalinitas dari NPs dan karakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk mengetahui morfologi dari NPs

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Gelatin Kulit Ikan Garing

Karakterisasi gelatin dilakukan untuk membuktikan bahwa hasil penelitian ini adalah gelatin, yang dibuktikan dengan membandingkan puncak-puncak serapan gugus fungsi hasil FTIR pada gelatin standar dengan hasil penelitian. Gelatin, seperti kebanyakan protein, memiliki struktur yang terdiri dari gugus karbon, hidrogen, hidroksil (OH), karbonil (C=O) dan amina (NH) pada panjang gelombang $4.000\text{-}600\text{ cm}^{-1}$. Hasil analisis FTIR gelatin penelitian dan gelatin standar bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hasil karakterisasi FTIR gelatin penelitian dan gelatin standar

Berdasarkan tabel diatas dari grafik menunjukkan bahwa spektrum FTIR gelatin kulit ikan garing memiliki 4 daerah serapan, yaitu daerah serapan Amida A, Amida 1, Amida II, Amida III yang merupakan daerah serapan gugus fungsi khas gelatin. Puspawati et al (2012) melaporkan daerah serapan khas pada Amida A pada bilangan

gelombang $3600\text{-}2300\text{ cm}^{-1}$, Amida I pada bilangan gelombang $1661\text{-}1636\text{ cm}^{-1}$, amida II pada bilangan gelombang $1560\text{-}1335\text{ cm}^{-1}$ dan Amida III pada bilangan gelombang $1300\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$. Pada penelitian ini gelatin yang dihasilkan memiliki daerah serapan Amida A $3275,79\text{ cm}^{-1}$ dan $2935,89\text{ cm}^{-1}$ sedangkan pada gelatin standar muncul pada daerah serapan Amida A $3279,91\text{ cm}^{-1}$ dan $2946,86\text{ cm}^{-1}$. Daerah serapan $3275,79\text{ cm}^{-1}$ dan $3279,91\text{ cm}^{-1}$ [9]. Untuk Amida A selanjutnya menunjukkan daerah serapan pada $2935,89\text{ cm}^{-1}$, dan $2946,86\text{ cm}^{-1}$ mengidentifikasi gugus NH dalam amida.

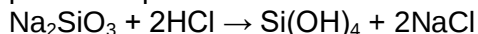
Gugus khas gelatin selanjutnya adalah Amida I dengan daerah serapan pada bilangan gelombang $1636\text{-}1661\text{ cm}^{-1}$ [10]. Gelatin penelitian ini terdapat daerah serapan pada bilangan gelombang $1632,70\text{ cm}^{-1}$, sedangkan gelatin standar memiliki daerah serapan yang muncul pada bilangan gelombang $1631,38\text{ cm}^{-1}$, Devi (2017) menyatakan bahwa daerah serapan amida I ini menunjukkan adanya regangan $\text{C}=\text{O}$ dan gugus OH yang berpasangan dengan gugus karboksil. Amida I terdiri dari empat komponen struktur sekunder protein yaitu α -helix, β -sheet, β -turn dan random coil (residu imida) yang saling bertumpang tindih.

Puncak serapan khas gelatin berikutnya Amida II yaitu di bilangan gelombang $1560\text{-}1335\text{ cm}^{-1}$. Gelatin pada penelitian ini daerah serapannya pada bilangan gelombang $1530,26\text{ cm}^{-1}$ dan $1446,85\text{ cm}^{-1}$ sedangkan gelatin standar daerah serapan pada gelombang $1530,35\text{ cm}^{-1}$ dan $1446,00\text{ cm}^{-1}$ hal ini disebabkan oleh deformasi ikatan N-H dalam protein. Daerah serapan ini berkaitan dengan adanya deformasi NH dan vibrasi bending CH_2 dari gugus prolin [11]. Daerah serapan spesifik terakhir dari gelatin adalah Amida III, yaitu pada bilangan gelombang $1200\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$ berhubungan dengan struktur triple helix (kolagen). Gelatin penelitian ini puncak serapan pada gelombang $1242,10\text{ cm}^{-1}$ sedangkan gelatin standar daerah serapan pada gelombang $1239,58\text{ cm}^{-1}$. Hal ini menunjukkan bahwa gelatin penelitian maupun gelatin relevan masih ada sebagian kecil struktur kolagen yang belum terdenaturasi menjadi gelatin dan lolos dalam proses penyaringan ekstrak gelatin. Penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa gelatin kulit ikan garing mengandung gugus amida, karboksil dan karbonil. Gugus tersebut berfungsi sebagai surfaktan karena dapat berinteraksi dengan silikat.

Sintesis dan Karakterisasi NPs

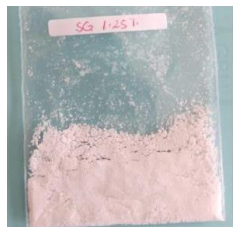
1. Sintesis NPs

Silika nanopartikel telah berhasil disintesis dengan konsentrasi surfaktan gelatin kulit ikan garing 1,25%. Produk yang dihasilkan disimbolkan dengan SG 1,25. Sintesis NPs dilakukan dengan mereaksikan 8,2 mL natrium silikat dengan surfaktan gelatin ikan garing menggunakan metode Sol-gel. Pada pembuatan NPs, gelatin yang dilarutkan dalam air akan membentuk misel yang dapat berpolimerisasi sehingga terbentuk ikatan hidrogen antara gugus amina pada gelatin, kemudian ditambahkan 0,7 ml trietanolamine (TEA) untuk mencegah terjadinya aglomerasi, selanjutnya dilakukan penambahan natrium silikat (Na_2SiO_3) dan 2M HCl secara perlahan sampai terbentuk sol dan diukur pH nya. Penambahan asam dengan tujuan untuk mengatur pH dalam pembentukan sol dalam larutan. Reaksi kimia yang terjadi yaitu :



$\text{Si}(\text{OH})_4 \rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (Silvia, 2020).

Dilanjutkan dengan refluks untuk membentuk gel pada misel gelatin. Diamkan gel tersebut selama 24 jam agar dihasilkan endapan yang sempurna dan endapan dikalsinasi pada suhu 300°C selama 1 jam dan dilanjutkan dengan suhu 650°C selama 5 jam agar surfaktan gelatin terlepas dari polimer silika sehingga terbentuknya pori. Hasil sintesis NPs menggunakan surfaktan gelatin kulit ikan garing konsentrasi 1,25% ditunjukkan pada gambar 2.

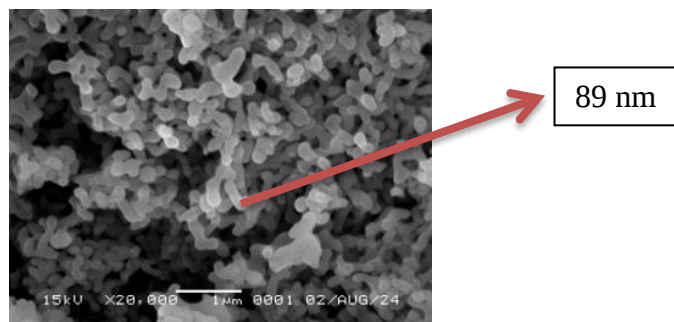


Gambar 2. SG 1,25%

2. Karakterisasi NPs

a. Hasil Analisa SEM NPs Menggunakan Surfaktan Gelatin Kulit Ikan Garing

Analisa SEM digunakan untuk melihat morfologi dari NPs yang dihasilkan. Perbesaran yang digunakan adalah 20.000 X dan skala bar $1\mu\text{m}$ atau 1000 nm. Hasil analisa SEM NPs menggunakan konsentrasi surfaktan gelatin kulit ikan garing konsentrasi 1,25% ditunjukkan pada gambar 3.



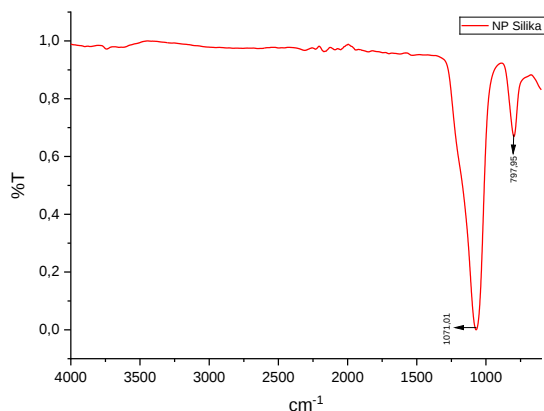
Gambar 3. Hasil SEM SG 1,25%

Berdasarkan hasil analisa ini, sampel memiliki diameter 89 nm dan struktur berbentuk yang batang. Gelatin mengandung gugus amina ($-\text{NH}_2$) yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil (OH) pada permukaan NPs. Interaksi ini membantu dalam menstabilkan struktur dan mengarahkan pembentukan morfologi seperti batang selama proses sintesis [12].

b. Hasil Analisa FTIR NPs Menggunakan Surfaktan Gelatin Kulit Ikan Garing

Analisis FTIR dilakukan untuk memastikan apakah gugus fungsi pada surfaktan gelatin telah lepas pada silika yang dihasilkan, yang ditandai dengan tidak ada lagi gugus fungsi surfaktan pada data FTIR. Selain itu, analisa FTIR dilakukan untuk

mengkonfirmasi gugus fungsi pada silika. Berikut hasil spektrum FTIR pada NPs dengan surfaktan gelatin kulit ikan garing yang ditujukan pada gambar 4.

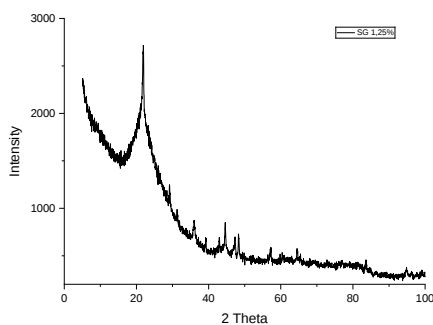


Gambar 4. Hasil FTIR NP SG 1,25%

Pada gambar tidak terlihat puncak daerah serapan yang menunjukkan adanya gugus fungsi khas gelatin, maka dapat disimpulkan bahwa sintesis NPs telah berhasil dilakukan dengan lepasnya surfaktan. Analisa FTIR menampilkan puncak daerah serapan gugus fungsi sampel SG 1,25% dari bilangan gelombang 6000-4000 cm^{-1} . Puncak daerah serapan yang dihasilkan pada bilangan gelombang 1070,12 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi ulur asimetris gugus Si-O dari Si-O-Si.

c. Hasil Analisa XRD NPs Menggunakan Surfaktan Gelatin Kulit Ikan Garing

Nanopartikel silika hasil sintesis dianalisa menggunakan XRD untuk memberikan informasi yang terdapat pada puncak $2\theta = 21-36^\circ$. Analisa XRD menunjukkan adanya pola difraksi yang terbentuk pada puncak tajam $2\theta = 21-36^\circ$ pada sampel SG 1,25% [13]. Pola difraktogram sinar-X sampel SG 1,25% dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 . Pola difraktogram XRD SG 1,25%

Pada sampel SG 1,25% memperlihatkan puncak tajam dan intensitas yang tinggi pada sudut $2\theta = 21-36^\circ$, yang menunjukkan bahwa NPs yang terbentuk berbentuk kristalin. Ukuran kristal dapat dihitung berdasarkan intensitas tertinggi yang terdapat pada sampel SG 1,25% yaitu pada 21.9499° dan 29.2228° dengan nilai FWHM 0.2598

dan 0.1948 menghasilkan ukuran kristal sebesar 31,1644 nm dan 42,1683 nm. Sehingga didapatkan ukuran kristal pada SG 1,25% adalah sebesar 36,6663 nm.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa pemanfaatan gelatin kulit ikan garing (*tor tambra*) sebagai surfaktan telah berhasil dilakukan untuk sintesis NP silika dengan Na_2SiO_3 .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yun-yu, Z., Xiao-xuan, L., & Zheng-xing, C. (2012). Rapid synthesis of well ordered mesoporous silica from sodium silicate. *Powder Technology*, 226, 239–24
- [2] Aini, S. 2021. Sintesis Silika Mesopori Menggunakan Bahan Dasar Na_2SiO_3 yang Dihasilkan dari Pasir Silika dengan Metoda Sol-Gel. *Chemistry Journal of State University of Padang*.
- [3] Adzima, A. F. (2013). Sintesis Natrium Silikat dari Lumpur Lapindo sebagai Inhibitor Korosi. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), F384-F389.
- [4] Rieshapsari, A. M., Mafakhir, M. Z., Rieziq, N. M., Adila, S. N., Putri, T. A., Sasongko, dan W., Jalaludin, M. (2020) : Potensi Sumber Daya Mineral Logam dan Non Logam di Provinsi Sumatera Barat, *Jurnal Georafflesia* Vol:5, No : 1, hal 89.
- [5] Falk, G., Shinhe, G. P., Teixeira, L. B., Moraes, E. G., & de Oliveira, A. P. N. (2019). Synthesis of silica nanoparticles from sugarcane bagasse ash and nano-silicon via magnesiothermic reactions. *Ceramics International*, 45(17), 21618-21624.
- [6] Retuert, J., Martinez, Y., Quijada, R., & Yazdani-Pedram, M. (2004). Highly porous silica networks derived from gelatin/siloxane hybrids prepared starting from sodium metasilicate. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 347(1–3), 273–278.
- [7] Rieshapsari, A. M., Mafakhir, M. Z., Rieziq, N. M., Adila, S. N., Putri, T. A., Sasongko, dan W., Jalaludin, M. (2020) : Potensi Sumber Daya Mineral Logam dan Non Logam di Provinsi Sumatera Barat, *Jurnal Georafflesia* Vol :5, No : 1, hal 89.
- [7] Ratnasari, I. (2016). Physico-chemical characterization and skin gelatin rheology of four freshwater fish as alternative gelatin source (Vol. 9, Issue 6).
- [8] Safitri, W. N., Habiddin, H., Ulfa, M., Trisunaryanti, W., Bahruji, H., Holilah, H., Rohmah, A. A., Sholeha, N. A., Jalil, A. A., Santoso, E., & Prasetyoko, D. (2023). Dual template using P123-gelatin for synthesized large mesoporous silica for enhanced adsorption of dyes. *South African Journal of Chemical Engineering*, 43(October 2022), 312–326.
- [9] Puspawati, N. M., Simpen, I. N., & Miwada, S. N. (2012). Isolasi Gelatin Dari Kulit Kaki Ayam Broiler Dan Karakterisasi Gugus Fungsinya Dengan Spektrofotometri Ftir. *Jurnal Kimia*, 6(1), 79–87.
- [10] Muyonga, J. H. (2004). Fourier Transform Infrared (Ftir) Spectroscopic Study Of Acid Soluble Collagen And Gelatin From Skins And Bones Of Young And Adult Nile Perch (*Lates Niloticus*). *Food Chemistry*, 325-332.

- [11] Febryana Wahdafitri, I. N. (2018). Ekstraksi Gelatin Dari Kulit Ikan Belida (Chitala Lopis) Pada Proses Perlakuan Asam Asetat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 93-102.
- [12] Yun, L., Zhao, J., Kang, X., Du, Y., Yuan, X., & Hou, X. (2017). Preparation and properties of monolithic and hydrophobic gelatin–silica composite aerogels for oil absorption. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 83(1), 197–206. doi:10.1007/s10971-017-4378-z.
- [13] Silvia L, Z. M. (2020). Analisis Silika (Sio₂) Hasil Kopresipitasi Berbasis Bahan Alam Menggunakan Uji Xrf Dan Xrd . *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 12.