

# Penentuan Kondisi Optimum Desorpsi Anion Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) pada Silika Mesopori Termodifikasi Dimetilamina (DMA)

Dipnorita Retno, Budhi Oktavia\*, Indang Dewata, Miftahul Khair

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, Indonesia Telp. 0751 7057420

\*budhioktavia@fmipa.unp.ac.id

**Abstract** — Mesoporous silica is an inorganic materials that has high potential to be applied in various industrial fields, one of its application is the adsorption method. To maximize the adsorption of mesoporous silica, modification of the silica surface was carried out with the addition of amine compounds. The amine compound used as a modifier is dimethylamine (DMA). Mesoporous silica which has been modified with dimethylamine is used in the nitrate anions adsorption process by the column method. The adsorption capacity of the nitrate anion is 0.0917 mg/g. After being adsorbed, the desorption process was carried out to release the adsorbed nitrate anions again. From the desorption process, it was found that HCl proved to be the best desorption agent used on nitrate anions. The optimum concentration of HCl was 0.15 M with the number of nitrate anions desorbed as much as 0.0459 mg with a 100% desorption percentage.

**Keywords** — Mesoporous Silica, Dimethylamine, Adsorption, Desorption, Nitrate

## I. PENDAHULUAN

Silika merupakan salah satu material yang keberadaannya melimpah di Indonesia. Silika memiliki beberapa keunikan dibandingkan senyawa anorganik lainnya, yaitu memiliki kemampuan pertukaran ion yang baik, cenderung bersifat inert dengan kestabilan termal dan mekanik yang tinggi, serta mudah untuk dimodifikasi [1]. Penggunaan silika membutuhkan inovasi dengan teknologi yang handal agar dapat mengurangi pengotor dan dapat memaksimalkan pengaplikasiannya dalam berbagai bidang kehidupan [2].

Silika mesopori telah berhasil disintesis menggunakan prekursor natrium silikat dan CTAB sebagai template yang dapat disintesis dalam waktu singkat dengan distribusi pori yang sempit [3]. Silika mesopori yang dimodifikasi dengan gugus amina terbukti mampu menghilangkan kandungan anion nitrat dari larutan berair [4].

Nitrat umumnya dijumpai di alam memiliki sifat mudah larut dalam air. Kelarutan dan kestabilan yang tinggi pada anion nitrat mengakibatkan diperlukannya teknologi yang cocok dalam penyisihannya [5]. Senyawa nitrat menjadi salah satu sumber pencemaran air di dalam tanah. Tingginya konsentrasi senyawa ini menjadi pemicu masalah kesehatan pada manusia, terutama apabila terkotaminasi pada air minum [6]. Untuk menanggulangi dampak pencemaran anion nitrat maka diperlukan upaya pengolahan yaitu dengan metode adsorpsi [7].

Silika dapat dimodifikasi dengan menambahkan senyawa amina untuk memaksimalkan penyerapannya, salah satunya yaitu menggunakan dimetilamina (DMA) sebagai modifikator

[8]. Setelah mencapai kesetimbangan dan diperoleh kondisi optimum adsorpsi anion nitrat pada silika, maka untuk mengetahui kontribusi anion nitrat pada silika yang terserap dapat ditentukan melalui jumlah ion yang terlepas dari awal hingga memperoleh kondisi optimum yaitu dengan proses desorpsi. Proses desorpsi sangat penting untuk dilakukan karena desorpsi memiliki beberapa manfaat diantaranya yaitu dapat digunakan sebagai pemekatan suatu sampel dalam suatu konsentrasi dan untuk meregenerasi kolom [9].

## II. METODE PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian diantaranya neraca analitik, peralatan gelas, erlenmeyer, pipet takar, kaca arloji, *magnetic stirrer*, botol reagen, oven, batang pengaduk, kertas pH, kertas saring, pH meter, mesin penghalus, syringe, dan kolom.

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian diantaranya yaitu silika, CTAB, padatan NaOH, HCl, larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , padatan  $\text{NaNO}_3$ , etanol, metanol, GPTMS, dimetilamina, toluena, kapas dan akuades.

### B. Preparasi Silika Mesopori Termodifikasi Dimetilamina

100 gram silika aktivasi disintesis menjadi natrium silikat dengan menambahkan 1 liter NaOH 4 M, lalu *distirrer* pada suhu 70-80°C hingga mengental, dan dikalsinasi selama 2 jam dengan suhu 400°C hingga terbentuk natrium silikat berwarna putih kehijauan [10].

100 gram natrium silikat ditambahkan campuran 20 mL CTAB-HCl dan 20 mL akuades diatur hingga pH 3 dan diaduk dalam waktu 10 menit, selanjutnya disimpan pada suhu ruang dengan waktu aging 16 jam. Lalu endapan dicuci dan disaring, selanjutnya dikalsinasi selama 3 jam pada suhu 600°C dan terbentuk silika mesopori [11].

Silika mesopori sebanyak 100 gram ditambahkan 100 mL GPTMS dan 350 mL toluene. *Distirrer* selama 24 jam pada suhu 90°C. Silika GPTMS sebanyak 90 gram dimodifikasi dengan 45 mL dimetilamin (DMA) yang dilarutkan dalam 45 mL etanol, dioven selama 4 jam dengan suhu 80°C, lalu dicuci dengan metanol [8].

### C. Adsorpsi Anion Nitrat pada Silika Mesopori Termodifikasi DMA

Silika mesopori termodifikasi DMA sebanyak 0.5 gram dimasukkan dalam kolom. Lalu dialirkan 10 mL larutan anion nitrat konsentrasi 5 ppm menggunakan pH optimum (pH=8) [8]. Lalu diperoleh filtrat yang selanjutnya dianalisa pada panjang gelombang maksimum anion nitrat 218 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis [4].

### D. Desorpsi Anion Nitrat pada Silika Mesopori Termodifikasi DMA

#### 1. Penentuan Jenis Eluen Pendesorpsi Anion Nitrat

- Setelah diperoleh komponen anion nitrat yang teradsorpsi, selanjutnya 0.5 gram silika mesopori termodifikasi DMA digunakan sebagai fase diam. Lalu 10 mL larutan HCl 0.05 M dialirkan ke dalam kolom sebagai eluen. Eluat ditampung pada botol, lalu dianalisa pada panjang gelombang maksimum anion nitrat 218 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

- Setelah komponen anion nitrat yang teradsorpsi diperoleh, selanjutnya 0.5 gram silika mesopori termodifikasi DMA digunakan sebagai fase diam. Lalu 10 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05 M dialirkan ke dalam kolom sebagai eluen. Eluat ditampung pada botol, lalu dianalisa pada panjang gelombang maksimum anion nitrat 218 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis [9].

#### 2. Penentuan Konsentrasi Optimum Eluen Pendesorpsi Anion Nitrat

Setelah diperoleh eluen terbaik yaitu HCl, selanjutnya 10 mL HCl dialirkan ke dalam kolom sebagai eluen pada anion nitrat. Sebanyak 0.5 gram silika mesopori digunakan sebagai fase diam. Perlakuan dilakukan menggunakan variasi konsentrasi yaitu 0.01 M, 0.03 M, 0.05 M, 0.1 M, 0.15 M, 0.2 M, dan 0.25 M. Kemudian masing-masing eluat ditampung pada botol dan dianalisa dengan panjang gelombang maksimum anion nitrat 218 nm pada spektrofotometer UV-Vis [12].

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Adsorpsi Anion Nitrat pada Silika Mesopori Termodifikasi DMA dengan Metode Kolom

Proses adsorpsi dalam penelitian ini dilakukan menggunakan silika mesopori termodifikasi dimetilamina

(DMA) sebagai adsorben yang dilakukan secara metode kolom. Metode kolom yaitu suatu metode adsorpsi dilakukan dengan cara mengaliri larutan dengan komponen tertentu yang berisi adsorben, lalu adsorbat akan diserap oleh adsorben.

Proses adsorpsi ini merujuk dari kondisi optimum yang dilakukan sebelumnya pada penelitian serupa. Adapun kondisi optimum yang digunakan diantaranya yaitu pH dan konsentrasi. pH merupakan parameter penting dalam keberhasilan proses adsorpsi, karena pH memberikan pengaruh terhadap distribusi muatan pada situs aktif di permukaan adsorben yang dapat terjadi akibat adanya reaksi protonasi maupun deprotonasi situs aktif pada permukaan adsorben (silika) [13].

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Arianti dkk diperoleh kondisi optimum pada proses adsorpsi anion nitrat yaitu dengan konsentrasi 5 mg/L dan pH optimum anion nitrat yang terserap pada silika mesopori termodifikasi dimetilamina adalah pH=8. Pada proses adsorpsi anion nitrat, kondisi yang baik dilakukan yaitu pada pH netral dengan rentang 6-8. Hal ini disebabkan karena ketika pH yang rendah, ion H<sup>+</sup> yang terdapat di permukaan adsorben akan bertambah, sehingga terbentuknya gaya elektrostatis cukup kuat di antara permukaan silika (adsorben) dengan muatan positifnya. Namun apabila pada pH yang tinggi, konsentrasi OH<sup>-</sup> dalam larutan akan semakin meningkat yang menyebabkan permukaan adsorben cenderung bermuatan negatif, sehingga penyerapan anion nitrat akan semakin menurun [8].

Faktor lain yang mempengaruhi proses adsorpsi anion nitrat adalah konsentrasi. Semakin tingginya konsentrasi, maka akan semakin bertambah jumlah anion dalam larutan, ini menyebabkan semakin meningkatnya proses penyerapan. Namun, apabila adsorben (silika) sudah mencapai titik jenuh, maka penyerapan yang terjadi cenderung konstan [14].

TABEL 1  
 ADSORPSI ANION NITRAT PADA SILIKA MESOPORI  
 TERMODIFIKASI DMA

Konsentrasi Teoritis (mg/L)	Konsentrasi Teradsorpsi (mg/L)	Adsorpsi (mg/g)	Massa teradsorpsi (mg)	Efisiensi (%)
5	4.831	0.0917	0.00392	96.98

Dapat dilihat dari tabel 1, hasil adsorpsi anion nitrat menggunakan metode kolom yaitu pada konsentrasi 5 mg/L memberikan penyerapan sebesar 0.0917 mg/g dan berat anion nitrat teradsorpsi yaitu sebesar 0.00392 mg, dengan persentase serapan sebesar 96.98%.

Apabila konsentrasi dinaikkan dari konsentrasi optimum, maka jumlah anion nitrat yang terserap akan sama jumlahnya dengan sisi aktif yang terkandung pada silika, hal ini dikarenakan adsorben (silika) dan anion nitrat sudah mencapai keadaan setimbang [15].

### B. Desorpsi Anion Nitrat pada Silika Mesopori Termodifikasi Dimetilamina dengan Metode Kolom

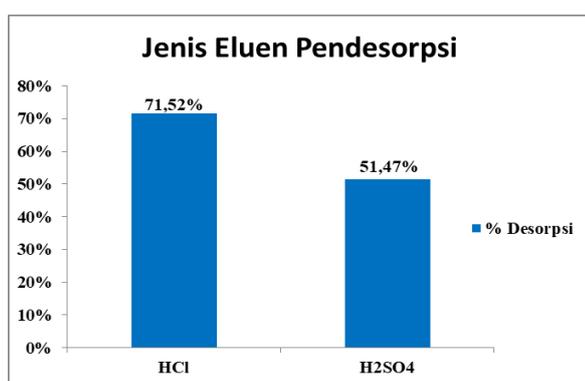
Proses desorpsi dilakukan bertujuan untuk mengetahui kapasitas pelepasan anion nitrat yang sudah diserap oleh silika mesopori termodifikasi dimetilamina. Selain itu, desorpsi dilakukan dengan tujuan meregenerasi kolom, sehingga dapat digunakan berulang kali. Menurut Manuhutu dkk, jenis eluen dan konsentrasi eluen pendesorpsi yang digunakan memberikan pengaruh terhadap besarnya kapasitas pelepasan anion [9]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diamati kedua pengaruh tersebut terhadap hasil desorpsi.

### 1. Pengaruh Jenis Eluen Pendesorpsi Anion Nitrat

Proses desorpsi anion nitrat dilakukan menggunakan dua jenis eluen yang berbeda. Eluen yang digunakan pada penelitian desorpsi ini yaitu HCl sebagai anion  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebagai anion  $\text{SO}_4^{2-}$ . Hal ini dilakukan bertujuan untuk membandingkan eluen pendesorpsi yang lebih tepat digunakan untuk menggantikan anion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) pada proses desorpsi. Gugus aktif yang terkandung di dalam silika akan terprotonasi atau tidak ikut menarik ion yang memiliki muatan positif dalam media asam, hal ini mengakibatkan terjadinya pelepasan anion nitrat ke dalam larutan asam (eluen) pendesorpsi [16].

TABEL 2  
PENGARUH JENIS ELUEN PENDESORPSI ANION NITRAT

Jenis Asam	Konsentrasi Desorpsi (mg/L)	Jumlah Anion Terdesorpsi (mg)	Desorpsi (%)
HCl 0.05 M	3.365	0.0329	71.52
$\text{H}_2\text{SO}_4$ 0.05 M	2.189	0.0245	51.47



Gambar 1. Pengaruh Jenis Eluen Pendesorpsi Anion Nitrat

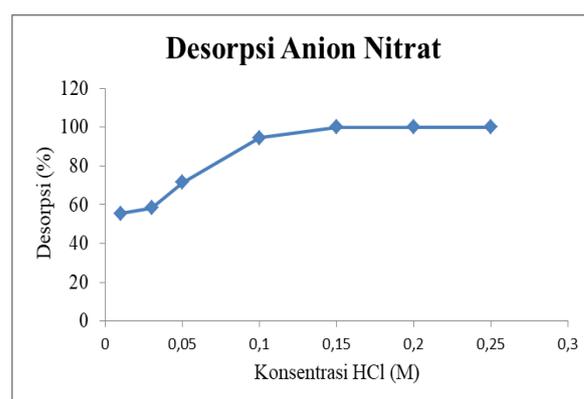
Dapat dilihat pada tabel 2, eluen HCl dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang digunakan sebagai pendesorpsi anion nitrat dengan konsentrasi masing-masing 0.05 M memberikan hasil berbeda yang cukup signifikan. Dari hasil desorpsi ini menunjukkan bahwa anion yang lebih banyak menggantikan anion nitrat yaitu anion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) sebanyak 0.0329 mg dengan %desorpsi sebesar 71.52% menggunakan eluen HCl. Sedangkan anion nitrat yang tergantikan oleh anion sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) sebanyak 0.0245 mg dengan %desorpsi sebesar

51.47% menggunakan eluen  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Hasil ini mengacu pada teori yang dijelaskan dalam literatur bahwa hal ini disebabkan oleh perbedaan jumlah muatan pada anion  $\text{Cl}^-$  dan anion  $\text{SO}_4^{2-}$ , yang mana anion dengan muatan yang lebih besar akan lebih sulit untuk terlepas dari adsorben [17]. Dari hasil penelitian ini diperkuat dengan penelitian serupa yang dilakukan Mujiyanti dkk yang menyebutkan bahwa HCl merupakan eluen pendesorpsi yang mampu memberikan %desorpsi yang tinggi yaitu mencapai 100% ion  $\text{Co(II)}$  mampu terdesorpsi dari silika gel [12].

Berdasarkan hasil tersebut terbukti bahwa HCl merupakan eluen terbaik yang dapat digunakan untuk mendesorpsi anion nitrat dibandingkan dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Hal ini diperkuat dengan pernyataan Wankasi dkk pada penelitiannya yang menyebutkan bahwa HCl merupakan salah satu agen pendesorpsi dengan hasil terbaik. Hal ini dikarenakan bahwa pada HCl, beberapa gugus organik seperti gugus karbonil, hidroksil, maupun karboksil yang terdapat pada adsorben lebih banyak mengalami protonasi dan tidak ikut menarik ion yang bermuatan positif jika dibandingkan dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sehingga proton ikut menggantikan anion nitrat yang terikat, dan anion tersebut akan terlepas ke dalam eluen pendesorpsi, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa HCl lebih baik digunakan sebagai reagen pendesorpsi untuk anion nitrat [17].

### 2. Pengaruh Konsentrasi Eluen Pendesorpsi Anion Nitrat

Perlakuan desorpsi ini dilakukan menggunakan eluen pendesorpsi terbaik yang sudah didapatkan sebelumnya yaitu HCl. Proses desorpsi dipengaruhi beberapa faktor, salah satunya yaitu konsentrasi eluen. Menurut Manuhutu dkk menyebutkan semakin tingginya konsentrasi eluen yang digunakan, maka dapat memaksimalkan kapasitas desorpsi [9]. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi eluen digunakan variasi konsentrasi yaitu 0.01 M, 0.03 M, 0.05 M, 0.1 M, 0.15 M, 0.2 M, dan 0.25 M. Hal ini dilakukan hingga memperoleh kondisi optimum proses desorpsi. Hasil desorpsi anion nitrat menggunakan HCl dapat dilihat pada kurva berikut :



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Eluen Pendesorpsi Anion Nitrat

TABEL 3

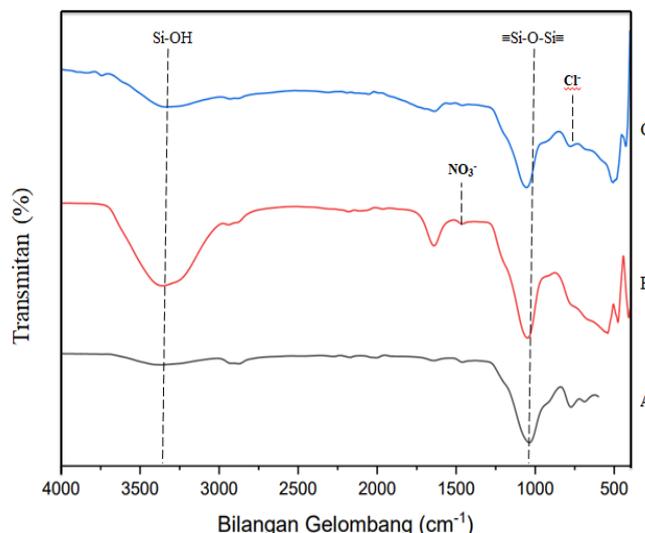
PENGARUH KONSENTRASI ELUEN PENDESORPSI ANION NITRAT

Konsentrasi HCl (M)	Desorpsi (mg)	Desorpsi (%)
0.01	0.0255	55.55
0.03	0.0264	58.27
0.05	0.0329	71.52
0.1	0.0438	94.6
0.15	0.0459	100
0.2	0.0459	100
0.25	0.0459	100

Dari data yang terlihat pada tabel 3, hasil desorpsi yang diperoleh terus meningkat hingga mencapai kondisi optimum yaitu pada konsentrasi eluen HCl 0.15 M. Pada konsentrasi tersebut, jumlah anion nitrat yang terdesorpsi oleh eluen HCl yaitu sebanyak 0.0459 mg dengan persentase desorpsi 100% yang menandakan bahwa anion nitrat yang semula terserap sudah berhasil terlepas kembali seluruhnya oleh anion klorida. Pada saat konsentrasi dinaikkan hingga 0.2 M dan 0.25 M, hasil desorpsi tidak lagi terjadi peningkatan. Hasil desorpsi yang diperoleh cukup tinggi disebabkan karena adanya kompetisi antara proton ( $H^+$ ) dari HCl dengan anion nitrat yang akan dilepas untuk berikatan dengan gugus aktif pada silika (adsorben) [18].

Hasil ini mengacu pada teori yang menjelaskan hal ini dikarenakan dalam kondisi tersebut telah terjadi kesetimbangan pada proses desorpsi, sehingga seluruh anion nitrat yang terdapat di kolom telah tergantikan oleh anion klorida. Hasil ini juga diperkuat dengan penelitian serupa dilakukan Sinaga dkk menyebutkan semakin tingginya konsentrasi eluen/agen pendesorpsi, maka akan semakin banyak jumlah proton ( $H^+$ ) pada HCl yang dapat melepaskan logam seng(II) dan mengakibatkan meningkatnya kapasitas desorpsi hingga mencapai 97.78% [18].

C. Karakterisasi Silika dengan FTIR



Gambar 3. Spektrum FTIR (a) Silika Mesopori GPTMS-DMA (b) Silika Mesopori Termodifikasi DMA-Anion Nitrat (c) Silika Mesopori Termodifikasi DMA-Desorpsi HCl

TABEL 4

SPEKTRUM FTIR

Spektrum FTIR	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
Silika Mesopori GPTMS-DMA	3379.28 cm <sup>-1</sup>	≡Si-OH
	1036.86 cm <sup>-1</sup>	≡Si-O-Si≡
	689.96 cm <sup>-1</sup>	≡Si-O
	3368.43 cm <sup>-1</sup>	N-H
Silika Mesopori GPTMS-DMA-Anion Nitrat	3358.71 cm <sup>-1</sup>	N-H
	1048 cm <sup>-1</sup>	≡Si-O-Si≡
	1410 cm <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Silika Mesopori Termodifikasi DMA-Desorpsi HCl	3355 cm <sup>-1</sup>	N-H
	1053 cm <sup>-1</sup>	≡Si-O-Si≡
	777 cm <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup>

Berdasarkan hasil karakterisasi pada gambar 3, pada spektrum dapat dilihat puncak utama pada silika mesopori yaitu gugus fungsi -OH yang muncul di daerah serapan dengan bilangan gelombang 3379.28 cm<sup>-1</sup>. Puncak kedua silika yaitu muncul di serapan bilangan gelombang 1053-1036 cm<sup>-1</sup> menunjukkan gugus fungsi siloksan atau ≡Si-O-Si≡ [11]. Sedangkan di rentang bilangan gelombang 3355-3368 cm<sup>-1</sup> membuktikan keberadaan kelompok N-H yang berasal dari proses modifikasi dengan dimetilamina. Hal ini membuktikan bahwa silika mesopori sudah berhasil berikatan dan termodifikasi dengan dimetilamina.

Bilangan gelombang 1410 cm<sup>-1</sup> menunjukkan puncak serapan anion nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) yang sudah teradsorpsi pada silika [19]. Sedangkan untuk spektrum hasil desorpsi menggunakan eluen HCl ditandai dengan puncak serapannya di bilangan gelombang 777 cm<sup>-1</sup>, ini menandakan terjadinya pertukaran ion H<sup>+</sup> yang sebelumnya terikat dengan anion nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) berhasil terlepas kembali dan tergantikan oleh anion klorida (Cl<sup>-</sup>) [20].

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwasanya dalam proses desorpsi anion nitrat pada silika mesopori termodifikasi dimetilamina (DMA) dipengaruhi oleh jenis eluen pendesorpsi dan konsentrasi eluen yang digunakan. Eluen terbaik yang diperoleh yaitu HCl dengan konsentrasi optimum larutan 0.15 M dan jumlah anion nitrat yang terdesorpsi sebanyak 0.0459 mg.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih untuk Bapak Budhi Oktavia, M.Si., Ph.D sebagai dosen pembimbing yang sudah memberi banyak arahan, bimbingan, serta masukan hingga penelitian ini selesai dilakukan. Dan tidak lupa juga ucapan terima kasih untuk Bapak/Ibu pengajar akademik maupun non-akademik Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang untuk segala arahan maupun masukannya.

## REFERENSI

- [1] A. Freni, L. Calabrese, A. Malara, P. Frontera, and L. Bonaccorsi, "Silica Gel Microfibres by Electrospinning for Adsorption Chillers," *J. Energy*, vol. 187, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.115971.
- [2] B. Oktavia, M. Tilla, E. Nasra, R. Zainul, and M. Amin, "Activation and Modification of Natural Silica for Anion Adsorbent," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1788, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1788/1/012013.
- [3] Y. Y. Zhou, X. xuan Li, and Z. xing Chen, "Rapid Synthesis of Well-Ordered Mesoporous Silica from Sodium Silicate," *Powder Technol.*, vol. 226, pp. 239–245, Aug. 2012, doi: 10.1016/j.powtec.2012.04.054.
- [4] M. Ebrihimi-Gatkash, H. Younesi, A. Shahbazi, and A. Heidari, "Amino-Functionalized Mesoporous MCM-41 Silica as an Efficient Adsorbent for Water Treatment: Batch and fixed-bed Column Adsorption of the Nitrate Anion," *Appl. Water Sci.*, vol. 7, no. 4, pp. 1887–1901, Jul. 2017, doi: 10.1007/s13201-015-0364-1.
- [5] K. Hasegawa, T. Takanami, T. Kawai, and S. Kagaya, "Effects of Adsorbed Water and Hydrocarbon Reactivity on the Nitration of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Adsorbed on Silica Gel and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Particles with NO<sub>2</sub>," *J. Atmos. Environ.*, vol. 236, no. May, p. 117641, 2020, doi: 10.1016/j.atmosenv.2020.117641.
- [6] P. Erkekoglu, H. Sipahi, and T. Baydar, "Evaluation of Nitrite in Ready-Made Soups," *Food Anal. Methods*, vol. 2, no. 1, pp. 61–65, Mar. 2009, doi: 10.1007/s12161-008-9045-0.
- [7] F. Anggrenistia, N. Wahyuni, and T. Anita Zaharah, "Adsorpsi Ion Logam Zn (II) Menggunakan Biomassa Chlorella sp. yang Diimobilisasi pada Silika Gel," *JKK*, vol. 4, no. 3, pp. 94–99, 2015.
- [8] Y. Arianti and B. Oktavia, "Optimization of Nitrate and Nitrite Anions Adsorption on Modified Silica using Batch Method," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1940, no. 1, p. 012042, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1940/1/012042.
- [9] J. Manuhutu, Nuryono, and S. J. Santosa, "Desorpsi Ion Emas(III) dalam Sistem Multilogam Au/Ni/Ag dengan Menggunakan Variasi Tiourea-HCl," *J. MJOCE*, vol. 8, no. 1, pp. 56–63, 2018.
- [10] I. Ramadhani, B. Oktavia, H. Sanjaya, and A. Putra, "Penentuan Kondisi Optimum Pembentukan Natrium Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) Menggunakan Material Dasar Silika Alam dan Natrium Hidroksida (NaOH)," *J. Period.*, vol. 10, no. 2, p. 2, 2021.
- [11] H. Rahman Dafnaz, B. Oktavia, and U. Kalmar Nizar Jurusan Kimia, "Pengaruh Penambahan Cetyltrimethylammonium Bromide (CTAB) pada Silika dari Natrium Silikat (Na<sub>2</sub> SiO<sub>3</sub>)," *Chem. J.*, vol. 11, no. 1, 2022, doi: 10.1016/S0960.
- [12] D. R. Mujiyanti, U. Irawati, and N. M. Akhir, "Co (II) desorption from silica gel and mercapto-silica hybrid," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Dec. 2020, vol. 980, no. 1, doi: 10.1088/1757-899X/980/1/012018.
- [13] Mawardi, H. Sanjaya, and R. Zainul, "Characterization of Napa Soil and Adsorption of Pb (II) from Aqueous Solutions Using on Column Method," *J. Chem. Pharm. Res.*, vol. 7, no. 12, pp. 905–912, 2015, [Online]. Available: [www.jocpr.com](http://www.jocpr.com).
- [14] S. Andayani, R. Yuwanita, and N. Izzah, "Biofilter Application Using Seaweed (*Gracillaria verucosa*) to Increase Production of Vannameii Shrimp in Traditional Pond District Bangil-Pasuruan," *Res. J. Life Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 16–22, 2016, doi: 10.21776/ub.rjls.2016.003.01.3.
- [15] M. Mawardi, B. Bahrizal, I. M. Isa, S. Aini, R. Z. Putra, and F. Mawardi, "Absorption characteristics of napa soil as congo red dye adsorbent in solution with continuous system," *Rasayan J. Chem.*, vol. 14, no. 4, pp. 2371–2378, Oct. 2021, doi: 10.31788/RJC.2021.1446197.
- [16] A. A. Gau, P. Taba, and P. Budi, "Modifikasi Silika Mesopori MCM-48 dengan 3 Aminopropiltrimetoksilsilan (3-APTMS) dan Uji Adsorpsivitasnya Terhadap Ion Pb 2+," *J. Techno*, vol. 04, no. 2, pp. 23–30, 2015.
- [17] D. Wankasi, M. J. Horsfall, and A. I. Spiff, "Desorption of Pb<sup>2+</sup> and Cu<sup>2+</sup> from Nipa Palm (*Nypa fruticans* Wurmb) Biomass," *African J. Biotechnol.*, vol. 4, no. 9, pp. 923–927, 2005, [Online]. Available: <http://www.academicjournals.org/AJB>.
- [18] R. S. Sinaga, D. Purwonugroho, and Darjito, "Adsorpsi SENG(II) oleh Biomassa *Azolla microphylla* Diesterifikasi dengan Asam Sitrat: Kajian Desorpsi Menggunakan Larutan HCl," *J. Kim. Student*, vol. 1, no. 1, pp. 629–635, 2015.
- [19] P. Nkuigwe Fotsing, N. Bouazizi, E. Djoufac Woumfo, N. Mofaddel, F. Le Derf, and J. Vieillard, "Investigation of Chromate and Nitrate Removal by Adsorption at the Surface of an Amine-Modified Cocoa Shell Adsorbent," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 9, no. 1, p. 104618, 2021, doi: 10.1016/j.jece.2020.104618.
- [20] Roto, I. Tahir, and U. N. Sholikhah, "Aplikasi Pengolahan Polutan Anion Khrom (VI) dengan Menggunakan Agen Penukar Ion Hydrotalcite Zn-Al-SO<sub>4</sub>," *J. Mns. dan Lingkungan*, vol. 16, no. 1, pp. 42–53, 2009.