

# Pengaruh Variasi pH dan Waktu Kontak pada Adsorpsi Ion $\text{Fe}^{3+}$ Menggunakan Adsorben Silika Gel Sulfonat

Ilmy Chindikia<sup>1</sup>, Budhi Oktavia<sup>\*2</sup>, Ananda Putra<sup>3</sup>, Edi Nasra<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, Indonesia

\*budhioktavia@fmipa.unp.ac.id

**Abstract** — Adsorption is a process of absorption of adsorbate or substances absorbed by the surface of the adsorbent or absorbent substance which aims to reduce the  $\text{Fe}^{3+}$  cation in a solution. Research has been carried out on the adsorption of  $\text{Fe}^{3+}$  cations using silica sulfonate adsorbents by varying the pH and contact time to obtain optimum conditions during adsorptions. The adsorption process of  $\text{Fe}^{3+}$  cations used a sulfonate modified silica gel adsorbent has been carried out by varying the pH, namely 2, 3, 4; 5, 6, 7 and the maximum pH has been fixed at pH 6 with an adsorption capacity of 2.32732 mg/g with an adsorption percentage of 78.79 %, contact time variations of 15, 30, 45, 60, 75 minutes have been obtained for optimum contact time at 45 minutes with an adsorption capacity of 2.225756 mg/g and adsorption percent of 77.33 %

**Keywords** — Silica Gel, Adsorption

## I. PENGANTAR

Adsorpsi adalah suatu proses penyerapan adsorbat atau zat yang diserap oleh permukaan adsorben atau zat penyerap. Fenomena tersebut karena adanya energi permukaan serta gaya tarik-menarik pada permukaan[1]. Tujuan dari dilakukannya adsorpsi adalah untuk mengurangi kandungan ion  $\text{Fe}^{3+}$  pada suatu larutan. Kelebihan metode adsorpsi dari metode lainnya adalah kemampuan mengikat ion logam relatif tinggi, ekonomis, cenderung tidak berbahaya bagi kesehatan, prosesnya tidak rumit, peralatannya sederhana dan mudah dirawat [2].

Pada adsorpsi dibutuhkan suatu adsorben dimana penulis memilih silika gel sebagai bahan dasar adsorben karna silika termodifikasi yang bersifat asam membentuk permukaan yang besar sekitar 750 - 850  $\text{m}^2/\text{g}$  [3]. Pada penelitian terdahulu menunjukkan gugus silanol merupakan penentu dari sifat permukaan silika berupa efektivitas penyerapannya, dimana silika ialah adsorben anorganik yang cenderung bersifat polar, sedangkan ion  $\text{Fe}^{3+}$  dapat mengalami pertukaran kation reversible melalui gugus silanol dalam silika tersebut [4].

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah pH, waktu kontak, luas permukaan, konsentrasi adsorbat, ukuran molekul adsorbat, temperatur [5].

Kation  $\text{Fe}^{3+}$  merupakan golongan ion logam berat pada system periodik terdapat pada golongan VIII, periode 4 dengan konfigurasi elektron (Ar)  $3d^64s^2$ , nomor atom 26, nomor massa 55,877, berwarna perak dan keberadaannya di alam jika melebihi ambang batas perairan yaitu 1 mg/L akan mencemari lingkungan perairan dan menyebabkan eutrofikasi[6]. Besi dapat dilarutkan menggunakan pelarut asam HCl pekat atau encer dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  encer serta sukar larut

dalam basa, apabila beraksi dengan natrium hidroksida menghasilkan endapan putih  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , garam  $\text{Fe}^{3+}$  serta melepaskan gas  $\text{H}_2$ . Besi bervalensi 3 ( $\text{Fe}^{3+}$ ) adalah ion logam terlarut dalam air yang stabil pada lingkungan perairan laut pada pH dibawah  $< 7$  [7]. Pada adsorpsi hal yang paling penting adalah tingkat keelektronegatifan yang akan menjembatani ikatan pada adsorben antara logam berat dan gugus aktif. Ikatan kimia terjadi ialah ikatan kovalen koordinasi yang memiliki pasangan elektron bebas dari ligan yang berasal dari adsorben[8].

Pada penelitian ini telah dilakukan adsorpsi kation  $\text{Fe}^{3+}$  dari senyawa  $\text{FeCl}_3$  dengan bervariasi pH dan waktu kontak untuk mendapatkan hasil penyerapan yang optimum. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan metoda batch dan dikarakterisasi menggunakan spektrofotometri serapan atom (AAS) yang nantinya menghasilkan data konsentrasi yang diolah menggunakan rumus kapasitas penyerapan[9]. Selain bertujuan pengolahan limbah, penelitian ini juga bertujuan sebagai acuan dalam pembentukan resin penukar ion pada kolom kromatografi pada penelitian selanjutnya, dimana mengacu pada penelitian terdahulu bahwa pertukaran ion yang terjadi pada proses adsorpsi tepatnya pada saat metode batch dimana terjadi pertukaran ion antara kation  $\text{Fe}^{3+}$  dengan adsorben silika sulfonat [10].

Menurut penelitian terdahulu [11], silika baik digunakan sebagai matriks dasar untuk merancang resin penukar ion karena mudah disintesis, luas permukaan yang tinggi, resiko toksisitas rendah dan biaya rendah, serta dapat diregenerasi, sifat ini cukup menunjukkan bahwa silika dapat digunakan sebagai fase diam atau adsorben dalam proses adsorpsi [12].

## II. METODE PENELITIAN

## A. Alat

Pada penelitian ini alat yang digunakan yaitu : gelas ukur, gelas kimia, erlenmeyer, timbangan teknis, batang pengaduk, *stirrer*, *shaker*, labu ukur, kertas saring dan pH ukur

## B. Bahan

Bahan yang digunakan yaitu : adsorben silika sulfonat, adsorbat  $\text{FeCl}_3$ , HCl, NaOH dan aquades

## C. Prosedur Penelitian

Berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu azmiyawati tahun 2004 dimana prosedur kerja variasi pH dan variasi waktu kontak pada proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

1. Variasi pH pada penyerapan kation  $\text{Fe}^{3+}$ 

Siapkan 6 buah erlenmeyer 50 mL. masukan sebanyak 20 mL larutan  $\text{Fe}^{3+}$  20 ppm, variasikan pH 2, 3, 4, 5, 6, 7 lalu tambahkan larutan NaOH 1 M atau HCl 0,05 M untuk penetapan pH lalu ditambah 0,1 gram silika sulfonat. Kemudian di aduk menggunakan *shaker* dengan kontak waktu 60 menit menggunakan kecepatan 150 rpm. Kemudian hasilnya disaring untuk memisahkan filtrate dengan endapan nya lalu filtratnya dilakukan uji AAS.

2. Variasi waktu kontak pada penyerapan kation  $\text{Fe}^{3+}$ 

Siapkan 5 buah Erlenmeyer 50 mL. ditambahkan kedalamnya 20 mL larutan  $\text{Fe}^{3+}$  dengan konsentrasi 20 ppm atur pada pH optimum dan ditambahkan 0,1 gram silika sulfonat atur sesuai. Variasikan waktu kontak 15, 30, 45, 60, 75 menit diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan aduk 150 rpm. Hasilnya disaring untuk memisahkan filtrate dengan endapan, lalu filtratnya dilakukan uji AAS.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

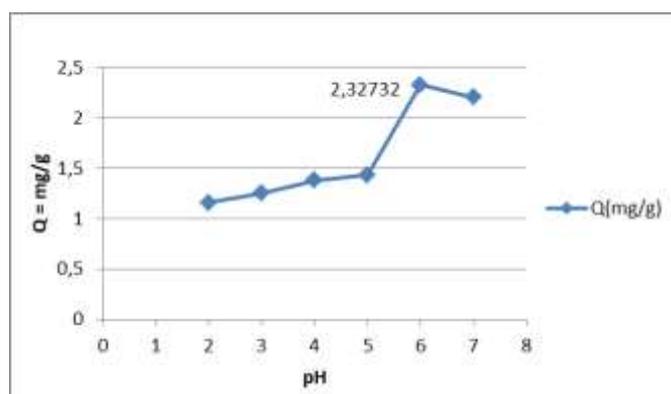
A. Pengaruh pH pada penyerapan kation  $\text{Fe}^{3+}$  menggunakan silika sulfonat

Pada proses adsorpsi, pH merupakan variabel terpenting dalam mengontrol proses adsorpsi. pH larutan dikontrol dengan melakukan penambahan HCl atau NaOH. Penentuan pH maksimum bertujuan untuk mengetahui kapasitas serapan maksimum adsorpsi kation  $\text{Fe}^{3+}$ . Adapun pemberian variasi pada larutan dapat mengubah konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dan Ion  $\text{OH}^-$  sehingga pada saat kondisi asam ( $\text{pH} < 7$ ) maka konsentrasi ion  $\text{H}^+$  akan lebih besar dari pada ion  $\text{OH}^-$ , sebaliknya pada kondisi basa ( $\text{pH} > 7$ ) maka konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  akan lebih besar daripada ion  $\text{H}^+$  [13].

pH divariasikan pada pH 2, 3, 4, 5, 6, 7 lalu massa dan volume adsorban dibuat tetap, yaitu 0,029 gram dan 20 mL dan konsentrasi larutan  $\text{Fe}^{3+}$  dibuat tetap yaitu 20 ppm dan dengan waktu kontak tetap selama 60 menit. pH awal dari larutan  $\text{Fe}^{3+}$  adalah 3,15. Untuk menetapkan pH 2 dan 3 digunakan HCl dan penetapan untuk pH 4, 5, 6, dan 7 digunakan NaOH.

TABEL I  
PENENTUAN KAPASITAS PENYERAPAN  $\text{Fe}^{3+}$  DENGAN VARIASI pH

|   | Berat awal | Berat akhir | Berat teradsorpsi | Q(mg/g)  |
|---|------------|-------------|-------------------|----------|
| 2 | 0,15454    | 0,0388194   | 0,1157206         | 1,157206 |
| 3 | 0,14804    | 0,022882    | 0,125158          | 1,25158  |
| 4 | 0,19116    | 0,053176    | 0,137984          | 1,37984  |
| 5 | 0,1521     | 0,008645    | 0,143455          | 1,43455  |
| 6 | 0,29536    | 0,062628    | 0,232732          | 2,32732  |
| 7 | 0,2612     | 0,0407925   | 0,220407925       | 2,204075 |

Gambar 1. Variasi pH Terhadap Kapasitas Penyerapan  $\text{Fe}^{3+}$ .

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan yang paling tinggi terjadi pada pH 6 yaitu sebesar 2, 32732 mg/g. pengaruh pH sangat diperlukan karena pada saat pengikatan gugus fungsi pada adsorben dengan kation  $\text{Fe}^{3+}$  melibatkan proses pertukaran  $\text{H}^+$  [12].

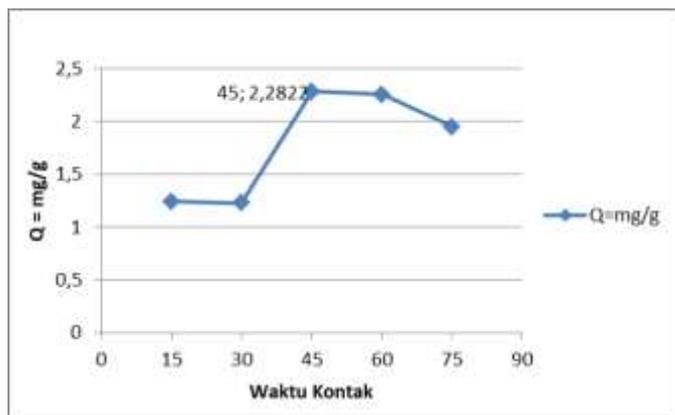
pH maksimum merupakan kondisi terbaik dalam adsorpsi  $\text{Fe}^{3+}$  yaitu pH 6 sedangkan pH awal dari  $\text{Fe}^{3+}$  sendiri adalah 3,15. Pada pH rendah atau terlalu asam jumlah  $\text{H}^+$  berlimpah mengakibatkan peluang terjadinya pengikatan logam oleh adsorben relative lebih kecil yang menyebabkan efisiensi penyerapan logam berat menurun, sedangkan untuk pH basa atau terlalu tinggi jumlah proton atau  $\text{H}^+$  relatif kecil yang dapat berpeluang terjadinya pengikatan logam berat relative besar dan ion-ion logam akan membentuk endapan [14].

B. Pengaruh waktu kontak pada penyerapan kation  $\text{Fe}^{3+}$  menggunakan silika sulfonat

Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak adsorbat yang akan terserap pada permukaan adsorben. Semakin lama waktu interaksi yang digunakan antara adsorben dan adsorbat, maka semakin maksimal penyerapannya [15]. Pada penelitian ini telah dilakukan beberapa variasi waktu kontak yang digunakan dari 15, 30, 45, 60, 75 dalam kondisi maksimum pH 6, konsentrasi 20 ppm, dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Pengaruh waktu kontak oleh adsorben terhadap proses adsorpsi kation  $\text{Fe}^{3+}$  terlihat pada gambar berikut :

TABEL II  
PENENTUAN KAPASITAS PENYERAPAN  $Fe^{3+}$  VARIASI DENGAN WAKTU KONTAK

| Waktu kontak | Berat awal | Berat akhir | Kapasitas teradsorpsi | Q (mg/g) |
|--------------|------------|-------------|-----------------------|----------|
| 15           | 0,2919     | 0,16763     | 0,1242875             | 1,2428   |
| 30           | 0,2919     | 0,16911     | 0,122804              | 1,2280   |
| 45           | 0,2919     | 0,0637      | 0,22822               | 2,2822   |
| 60           | 0,2919     | 0,06616     | 0,225756              | 2,2575   |
| 75           | 0,2919     | 0,00971     | 0,194765              | 1,9476   |



Gambar 2. Variasi Waktu kontak Kapasitas Penyerapan  $Fe^{3+}$

Dari gambar 2 dapat dilihat waktu kontak optimum dari hasil penyerapan kation  $Fe^{3+}$  berdasarkan variasi waktu kontak adalah 45 menit dengan pH 6 konsentrasi 20 ppm dan volume 20 mL dimana kapasitas penyerapannya adalah 2,2822 mg/g dan mengalami penurunan atau perlambatan kapasitas adsorpsi pada menit 60 dan 70 dikarenakan adsorben yaitu silika yang telah dimodifikasi gugus sulfonat telah mengalami kesetimbangan [16]. Peningkatan kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada waktu 30 menit menuju 45 menit disebabkan karena adsorben silika termodifikasi sulfonat masih memiliki banyak sisi aktif pada permukaannya yang belum terisi sehingga tersedia secara bebas untuk pengikatan terhadap molekul kation  $Fe^{3+}$ .

Jika waktu kontak terlalu lama selama proses adsorpsi maka hal yang akan terjadi adalah efisiensi penyerapan kation  $Fe^{3+}$  akan menurun [17]. Pada gambar terlihat penurunan kapasitas adsorpsi terjadi pada waktu 60 - 75 menit dari 45 menit yaitu dari 2,2822 mg/g dan penurunan menjadi 2,25756 mg/g dan kembali turun menjadi 1,94765 mg/g. Penurunan kapasitas adsorpsi pada waktu tertentu disebabkan adsorben telah mengalami kesetimbangan sehingga penyerapan kation  $Fe^{3+}$  menurun [18].

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Parameter pH dan waktu kontak mempengaruhi proses adsorpsi kation  $Fe^{3+}$ , dimana didapatkan pH maksimum penyerapan kation  $Fe^{3+}$  adalah pada pH 6 dan waktu kontak 45 menit

- 2) Kapasitas penyerapan pada pH maksimum oleh adsorben silika sulfonat adalah sebesar 2,32732 mg/g dengan persen serapan 78,79 % sedangkan kapasitas penyerapan pada waktu kontak optimum kation  $Fe^{3+}$  menggunakan silika sulfonat sebesar 2,2575 mg/g dengan persen serapan 77,33%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Negeri Padang tempat saya menimba ilmu serta bertemu orang-orang hebat yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penulisan artikel ini.

#### REFERENSI

- [1] I. S. Hardyanti, I. Nurani, D. S. Hardjono HP, E. Apriliani, and E. A. P. Wibowo, "Pemanfaatan Silika ( $SiO_2$ ) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik," *JST (Jurnal Sains Ter.)*, vol. 3, no. 2, 2017, doi: 10.32487/jst.v3i2.257.
- [2] Z. Alam, "https://doi.org/10.36986/impj.v4i1.5129," 2022.
- [3] O. Zulfiky, "Adsorpsi Besi (III) Menggunakan Adsorben Kitosan-Silika," no. III, pp. 1–82, 2017.
- [4] C. Irawan and A. Purwanti, "Adsorpsi Logam Timbal Secara Batch dan Kontinu Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit," vol. 4, no. 2, pp. 267–276, 2019, doi: 10.31544/jtera.v4.i2.2019.267-276.
- [5] C. Azmiyati, "Modifikasi Silika Gel dengan Gugus Sulfonat untuk Meningkatkan Kapasitas Adsorpsi  $Mg(II)$ ," *J. Kim. Sains dan Apl.*, vol. 7, no. 1, pp. 10–16, 2004, doi: 10.14710/jksa.7.1.10-16.
- [6] W. Pasema, Amrin, and E. Nasra, "Analisis Kandungan Besi (Fe) dan Nikel (Ni) dalam Bijih Mangan di Daerah Taming Tonga Kabupaten Pasaman Barat secara Spektrofotometri Serapan Atom," *J. State Univ. Padang*, vol. 1, no. 2, pp. 2–5, 2012, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- [7] Z. Li, Z. Wang, C. Wang, S. Ding, F. Li, and H. Lin, "Preparation of magnetic resin microspheres M-P(MMA-DVB-GMA) and the adsorption property to heavy metal ions," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 496, no. August, p. 143708, 2019, doi: 10.1016/j.apsusc.2019.143708.
- [8] K. Yu, Y. Liang, G. Ma, L. Yang, and T. J. Wang, "Coupling of synthesis and modification to produce hydrophobic or functionalized nano-silica particles," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 574, no. April, pp. 122–130, 2019, doi: 10.1016/j.colsurfa.2019.04.077.
- [9] S. A. Putri et al., "Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Pada Hemiselulosa Dalam Sistem Dinamis ( Optimization Of Rhodamine B Dyes On Hemiselulose In Dynamic System ) Abstrak," no. Vi, 2013.
- [10] N. K. Weni and B. Oktavia, "Optimization of hexavalent chromium ion adsorption using natural silica modified with DMA (Dimethylamine) by batch method," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1788, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1788/1/012014.
- [11] N. H. Hasibuan, B. Oktavia, E. Nasra, and D. Kurniawati, "Optimasi Penyerapan Anion Klorida Menggunakan Silika Gel ( $SiO_2$ ) -GPTMS Dimodifikasi dengan Dimetilamina," vol. 12, no. 1, pp. 1–5, 2023.
- [12] I. R. Aulia, B. Oktavia, P. F. Gao, J. S. Zheng, G. M. Asselin, and O. Paden, "Modification of natural silica using dimethylamine and the application as a phosphate ion adsorption Modification of natural silica using dimethylamine and the application as a phosphate ion adsorption," doi: 10.1088/1742-6596/1788/1/012015.
- [13] Delfitri, "Silika Gel Termodifikasi Dimetilamin sebagai Penyerap Anion Fosfat," vol. 11, no. 3, pp. 14–17, 2022.
- [14] A. W. K. Wahyuningsih, I. Ulfin, and S. Suprpto, "Pengaruh pH dan Waktu Kontak Pada Adsorpsi Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Adsorben Ampas Singkong," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 7, no. 2, pp. 7–9, 2019, doi: 10.12962/j23373520.v7i2.30070.
- [15] R. Septiana, S. B. Etika, E. Nasra, J. Kimia, F. Matematika, and P. Alam, "Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Senyawa Metoda Batch," vol. 9, no. 1, pp. 17–23, 2020.
- [16] F. Zikra, B. Oktavia, A. Putra, and D. Kurniawati, "Desorpsi Anion

- Klorida ( Cl<sup>-</sup> ) Dari Adsorben Silika Mesopori Template CTAB ( Cetyltrimetilammoniumbromida ) Termodifikasi Dimethylamine,” vol. 12, no. 2, 2023.
- [17] V. Chaniasi, B. Oktavia, I. Dewata, and A. Putra, “Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Anion Kromat Pada Silika Termodifikasi Dimetilamina,” *Chem. J.*, vol. 11, no. 2, pp. 93–96, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- [18] K. Kuntari, N. Bila, and M. Yuwono, “Kajian Pengaruh Waktu dan pH Optimum dalam Adsorpsi Methyl Violet dan Methylene Blue Menggunakan Abu Daun Bambu,” *JC-T (Journal Cis-Trans) J. Kim. dan Ter.*, vol. 1, no. 2, pp. 14–19, 2017, doi: 10.17977/um026v1i22017p014.