

# Silika Gel Termodifikasi Dimetilamin Sebagai Penyerap Anion Fosfat

Delfitri<sup>1</sup>, Budhi Oktavia\*<sup>2</sup>, Desy Kurniawati<sup>3</sup>, Umar Kalmar Nizar<sup>4</sup>

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

\*budhioktavia@fmipa.unp.ac.id

**Abstract**— Silica gel is one type of dry silica gel which is widely used as an adsorbent. Silica has the ability to absorb because it has two active site groups that can be activated, namely a silanol group and a siloxane group. This modification was carried out to increase the ability of silica to absorb ions, one of which was phosphate anion. In waters, very high levels of phosphate anion can disrupt the marine biota ecosystem because it can cause eutrophication or decreased oxygen levels that enter the waters. The modifier compound used is dimethylamine (DMA). Silica and dimethylamine can bind to several linking compounds, namely glycidopropyltrimethoxysilan (gptms). The modified silica was characterized by FTIR and the absorption results were analyzed using a UV-Vis spectrophotometer. The results of the comparison of the absorption capacity of phosphate anions after modification are greater than before modification, where the absorption capacity of silica before modification is 1,2601 mg/g with an absorption percentage of 54,46% and silica after modification is 1,9686 mg/g with an absorption percentage of 85,08%.

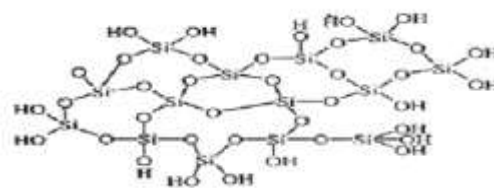
**Keywords** — Silica gel, Modification, Dimetilamine, Phosphate Anion

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan di bidang teknologi industri adsorpsi dan lingkungan khususnya industri material anorganik berpori beberapa tahun ini semakin pesat [1]. Silika termasuk mineral yang ada dipermukaan bumi. Silika telah digunakan dalam kehidupan manusia, seperti pembuatan kaca, alat elektronik, adsorben, pupuk dan lain-lain. Pemanfaatan silika membutuhkan teknologi yang cukup handal agar pengotor dalam silika tidak mengganggu penggunaannya [2].

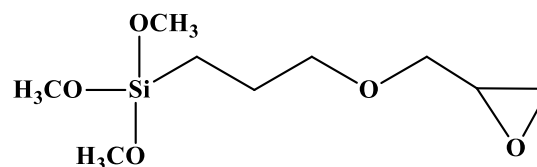
Silika merupakan salah satu jenis adsorben yang cukup sering dimanfaatkan untuk proses adsorpsi. Silika gel dapat digunakan sebagai adsorben karena bersifat inert, hidrofilik, stabil pada suhu tinggi serta relatif tidak mengembang dalam pelarut organik. Silika dapat dioptimalkan kemampuan penyerapannya dengan melakukan modifikasi pada permukaan silika dengan menambahkan senyawa tertentu [3].

Salah satu zat yang banyak di manfaatkan sebagai penyerap adalah silika gel, hal ini disebabkan oleh mudahnya produksi, biaya rendah dan ketersediaan di pasaran yang besar. Silika gel dapat digunakan untuk semua aplikasi adsorpsi dimana memiliki suhu regenerasi yang rendah, yaitu <math><100^{\circ}\text{C}</math> [4]. Pemanfaatan silika gel sebagai penyerap ditentukan oleh berbagai factor, yaitu ukuran partikel, porositas, struktur internal, polaritas, ketahanan dan luas permukaan, [3]



Gambar 1. Struktur silika gel

Silika dapat mengikat senyawa anorganik dengan bantuan senyawa penghubung. Senyawa penghubung yang digunakan adalah glisidopropiltrimetoksisilan (gptms) yang dimodifikasi dengan dimetilamin (DMA). Glisidopropiltrimetoksisilan (gptms) merupakan senyawa yang memiliki gugus epoksi. Silika termodifikasi dimetilamin digunakan untuk adsorpsi anion fosfat. Dimetilamin berperan sebagai gugus fungsi tempat pertukaran dan pemisahan anion.



Gambar 2. Struktur Glisidopropiltrimetoksisilan

Gugus modifikasi yang terbentuk menjadi gugus penukar anion yang kuat, gugus yang biasanya digunakan adalah senyawa-senyawa amina aktif, misalnya amina primer, amina sekunder, amina tersier, dan aminer kuartener [3].

Ortofosfat atau lebih dikenal dengan gugus fosfat merupakan ion poliatomik yang terdiri dari 1 atom fosforus

dan 4 oksigen. Fosfat terdiri dari 3 muatan formal dan dinotasikan dengan ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada bentuk ioniknya.

Fosfat berasal dari limbah cair seperti detergen dan pada industri pertanian seperti penggunaan pestisida dan insektisida. Fosfat yang terdapat pada air alam maupun air hasil limbah industri ataupun limbah rumah tangga berbentuk senyawa ortofosfat, fosfat organik dan polifosfat. Senyawa fosfat terdapat dalam bentuk tersuspensi/terikat dan larut dalam sel organisme [5].

## II. METODE PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan ialah gelas beaker, botol reagen, ayakan, corong, batang pengaduk, Erlenmeyer, kaca arloji, termometer, pipet takar, pipet gondok, gelas ukur, kertas saring, kertas pH, Ph meter, suntikan, pipet tetes, cawan, botol semprot, neraca analitik, magnetic stirrer, shaker, FTIR, dan Spektrometri.

Jenis bahan yang digunakan adalah silika gel, glisidokpropiltrimetoksisilan, dimetilamin, HCl, NaOH, methanol, toluene, etanol,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , asam askorbat dan aquadest.

### B. Pembentukan silika gel-gptms

Kristal silika gel ditimbang sebanyak 25 gram, lalu ditambahkan 25 ml gptms dan 87,5 ml toluene anhidrat. Kemudian distirer selama 24 jam dengan suhu  $90^\circ\text{C}$ . cuci campuran larutan tersebut dengan methanol sebanyak 50 ml. Selanjutnya silika gel-gptms ditimbang sebanyak 23 gram, kemudian dilakukan modifikasi dengan menambahkan 11,5 ml dimetilamin yang dilarutkan dalam 11,5 ml etanol (1:1 v/v). Kemudian distirer selama 24 jam dengan suhu  $75^\circ\text{C}$ , cuci silika dengan metanol, lalu silika di oven selama 2 jam pada suhu  $70^\circ\text{C}$ . Lakukan karakterisasi dengan FT-IR [6]

### C. Penentuan pH Optimum

Padatan silika di timbang sebanyak 0,2 gram, lalu tambahkan  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  20 ppm sebanyak 25 mL masukan kedalam erlenmeyer. Mengatur pH 3,4,5,6,7, dan 8. Kemudian shaker selama 2 jam dengan kecepatan 150 rpm. Saring hingga diperoleh larutan jernih dan ukur adsorbansinya dengan menggunakan spektrometri pada panjang gelombang 662 nm. pH optimum yang didapatkan digunakan untuk prosedur selanjutnya. Media pH dibuat dengan penambahan larutan NaOH atau larutan HCl. Pengaruh variasi pH ditentukan dengan metode adsorpsi sistem batch.

### D. Penentuan Konsentrasi Optimum

Larutan  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  20 ppm di pipet sebanyak 25 mL diatur menjadi pH optimum dan waktu kontak optimum masing-masing larutan pada variasi konsentrasi 5,10,15,20 dan 25 ppm dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian dikontakkan dengan silika 0,2 gram, shaker dengan waktu 90 menit, selanjutnya saring dengan kertas saring, filtrat

yang didapat diukur konsentrasinya dengan spektrometri pada panjang gelombang 662 nm. konsentrasi optimum yang didapat digunakan untuk penelitian selanjutnya. Pengaruh variasi konsentrasi ditentukan dengan metode adsorpsi sistem batch.

### E. Perbandingan Kapasitas Serapan

Padatan Silika gel sebelum dan setelah termodifikasi dimetilamin masing-masing ditimbang sebanyak 0,2 gram, kemudian dikontakkan dengan 25 ml larutan anion fosfat pada kondisi optimum seperti hasil penentuan diatas. Filtrat dianalisis dengan spektrometri pada panjang gelombang 662 nm.

### F. Penentuan Isoterm Adsorpsi

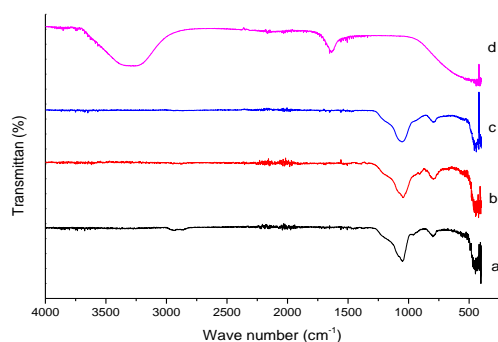
Padatan silika gel termodifikasi ditimbang sebanyak 0,2 gram, masukan kedalam erlenmeyer 100 ml sebanyak 5 buah, kemudian masing-masing erlenmeyer ditambahkan 25 ml  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  dengan konsentrasi 5,10,15,20 dan 25 ppm. Shaker selama 90 menit pada kecepatan 150 rpm. Saring larutan dengan kertas saring *whatman* hingga diperoleh larutan jernih dan ukur penyerapannya menggunakan spektrometri pada panjang gelombang 662 nm

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

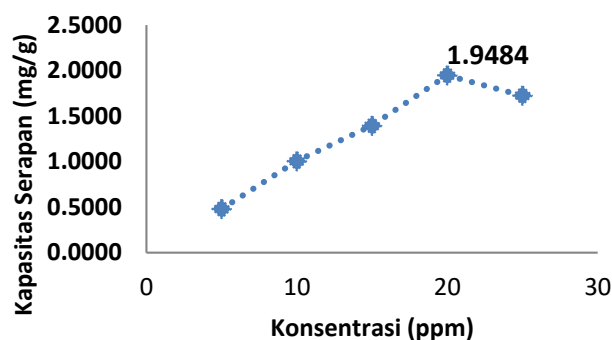
### A. Modifikasi Silika gel

Modifikasi dilakukan untuk meningkatkan kinerja silika gel dalam mengadsorpsi anion fosfat. Silika gel di modifikasi dengan menambahkan larutan dimetilamin (DMA), untuk memodifikasi dengan larutan amina di tambahkan senyawa penghubung yaitu glisidokpropiltrimetoksisilan (gptms) yang mengandung gugus silan. Glisidokpropiltrimetoksisilan ini di gunakan karena beberapa gugus pembentuk kelat dan ion tidak terdapat gugus fungsi yang reaktif terhadap proses silanisasi.

Silika gel tambahkan glisidokpropiltrimetoksisilan-toluena anhidrat kemudian dipanaskan selama 24 jam pada suhu  $90^\circ\text{C}$ , ini bertujuan agar proses pengikatan gugus silan pada silika gel lebih maksimal. Silika gel yang telah terikat gptms selanjutnya di modifikasi dengan menambahkan larutan dimetilamin dan etanol (1:1). Campuran tersebut dipanaskan selama 24 jam pada suhu  $75^\circ\text{C}$  agar memaksimalkan pengikatan dimetilamin dan gptms. Silika yang telah di modifikasi ini kemudian di karakterisasi dengan FT-IR, untuk mengamati perubahan gugus fungsinya.



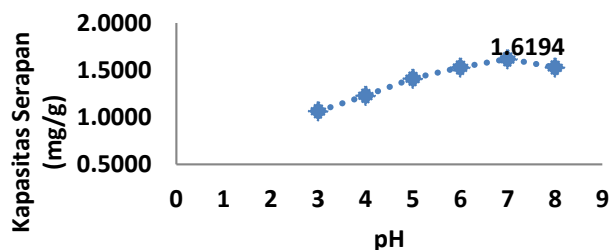
Gambar 3. Spektrum FT-IR (a) silika gel, (b) silika gel-gptms, (c) silika gel-gptms-dma, (d) silika gel termodifikasi dma-anion fosfat



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi terhadap penyerapan anion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) menggunakan silika gel termodifikasi dimetilamin

### B. Penentuan pH optimum

Nilai pH dapat mempengaruhi proses adsorpsi, pH mempengaruhi distribusi muatan pada permukaan adsorben akibat reaksi protonasi ataupun deprotonasi situs aktif adsorben, pH juga dapat mempengaruhi spesi adsorbat dalam larutan. Penentuan pH optimum dilakukan pada kondisi massa adsorben, waktu kontak dan konsentrasi yang konstan. Massa dan volume adsorban dibuat tetap, yaitu 0,2 gram dan 25 mL. pH optimum ditentukan adsorpsinya terhadap larutan ion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).



Gambar 4. Grafik pH Optimum

Berdasarkan gambar menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan yang paling tinggi terjadi pada pH 7 sebesar 1,6194 mg/g dengan persentase penyerapan sebesar 69,99 %. Pengaruh pH sangat diperlukan dikarenakan pada saat pengikatan antara gugus fungsi dengan anion Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) melibatkan proses pertukaran ion  $\text{H}^+$ .

### C. Penentuan Konsentrasi Optimum

Pengaruh konsentrasi merupakan parameter yang penting pada penyerapan anion fosfat oleh adsorben karena semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi pula jumlah anion dalam larutan sehingga semakin tinggi penyerapan yang terjadi, akan tetapi apabila adsorben telah mencapai titik jenuh maka penyerapan yang terjadi akan cenderung konstan.

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi anion fosfat mengalami peningkatan sesuai dengan kenaikan konsentrasi anion fosfat yang digunakan. Kapasitas serapan optimum terjadi pada konsentrasi 20 ppm dengan penyerapan sebesar 1,9484 mg/g dan persentase penyerapan 84,21 %. Besarnya serapan yang terjadi disebabkan jumlah sisi aktif yang berada pada silika gel termodifikasi dimetilamin, ketika jumlah sisi aktif yang berada pada silika gel termodifikasi dimetilamin lebih besar dari pada jumlah anion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) maka serapan yang terjadi juga semakin besar.

### D. Perbandingan Kapasitas Serapan

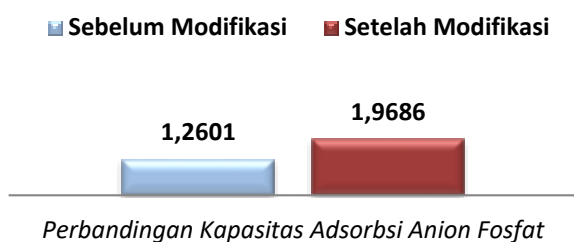
Perbandingan kapasitas adsorpsi silika sebelum dan setelah modifikasi dibuat tetap pada kondisi optimum yaitu pada pH 7, waktu kontak 90 menit dan konsentrasi 20 mg/L dapat ditunjukkan pada gambar berikut :

TABEL 1.  
HASIL PERBANDINGAN KAPASITAS SERAPAN SILIKA GEL SEBELUM DAN SETELAH MODIFIKASI TERHADAP ANION FOSFAT

Modifikasi	Kons. Teoritis (mg/L)	Ads	Kapasitas Serapan (mg/g)	% Serapan
Sebelum	20	0,772	1,2601	54,46
Setelah	20	0,632	1,9686	85,08

Berdasarkan table diatas dapat dilihat bahwa silika gel setelah modifikasi dma lebih banyak mengadsorpsi anion fosfat dibandingkan sebelum dimodifikasi. Perbedaan kapasitas serapannya dapat dilihat dari gambar di bawah ini,

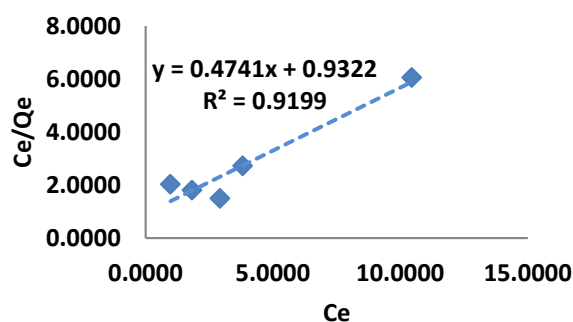
### Kapasitas Adsorpsi Sebelum dan Setelah Modifikasi



Gambar 6. Perbandingan Kapasitas serapan silika gel sebelum dan setelah dimodifikasi dengan dimetilamin

#### E. Penentuan Isoterm Adsorpsi

Grafik isoterm adsorpsi Langmuir diperoleh dengan mengalurkan  $C_e/Q_e$  (g/L) terhadap  $C$  (mg/L),



Gambar 7. Grafik Isoterm Langmuir

Dari grafik yang dihasilkan diperoleh persamaan garis dengan  $y = 0,4741x + 0,9322$  koefisien korelasi sebesar  $R^2 = 0,9199$ . Dari persamaan didapatkan parameter isoterm adsorpsi Langmuir  $q_{maks}$  dan  $K_L$ . nilai  $q_{maks}$  dihitung dari garis slope yaitu sebesar 2,1093 mg/g. nilai  $K_L$  dihitung dari intercept persamaan garis sebesar 0,4420 L/mg. Konstanta Langmuir ( $K_L$ ) merupakan konstantakesetimbangan proses adsorpsi. Semakin besar nilai  $K_L$  maka laju adsorpsi yang terjadi semakin besar.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Modifikasi silika gel dengan dimetilamin (DMA) digunakan senyawa penghubung yaitu glisidokpropiltrimetoksisilan (GPTMS).
2. Parameter pH dan konsentrasi optimum penyerapan anion fosfat yang diperoleh pada penelitian ini adalah pH optimumnya 7 dengan kapasitas penyerapan sebesar 1,6194 mg/g dan konsentrasi optimum penyerapan anion fosfat pada konsentrasi 20 ppm dengan kapasitas penyerapan sebesar 1,9484 mg/g.
3. Perbandingan kapasitas serapan silika gel sebelum dan sesudah modifikasi didapatkan dimana kapasitas serapan silika sebelum modifikasi sebesar 1,2601 mg/g dengan persentase penyerapan 54,46 % dan silika setelah

modifikasi sebesar 1,9686 mg/g dengan persentase penyerapan 85,08 %

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak/Ibu PLP Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA Universitas Negeri Padang sebagai pihak yang menyediakan sarana penelitian yang membantu pengujian sampel penelitian penulis. Selanjutnya, ucapan terima kasih juga tertuju kepada Bapak/Ibu Staf Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang atas segala bimbingan dan arahnya..

#### REFERENSI

- [1] M. Ulfa and F. N. Fawzia, "Study of Adsorption Capacity of Dibenzotiofen Molecules on Mesoporous Carbon with Pore Geometry Model," *JPKK (Jurnal Kim. dan Pendidik. Kim.*, vol. 2, no. 2, p. 110, 2017, doi: 10.20961/jkpk.v2i2.11908.
- [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] S. Sulastri, "Berbagai Macam Senyawa Silika : Sintesis, Karakterisasi dan Pemanfaatan," *Pros. Semin. Nas. Penelitian, Pendidik. dan Penerapan MIPA*, pp. 211–216, 2010.
- [4] Pan, Q. W., & Wang, R. Z. (2017). Study on boundary conditions of adsorption heat pump systems using different working pairs for heating application. *Energy Conversion and Management*, 154, 322-335.
- [5] Sastrawijaya, A.T. 1991. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [6] Renti Sefriani. 2020. *Modifikasi Silika Alam Menggunakan Dimetilamin*. Padang : Univ. Negeri Padang.