

Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Anion Kromat Pada Silika Termodifikasi Dimetilamina

Vivi Chaniasi, Budhi Oktavia*, Indang Dewata, Ananda Putra

Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Dr Hamka Air Tawar Padang, Sumatera Barat-Indonesia

*budhioktavia@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Heavy metal is the most dangerous was for the ecosystem because is not biodegradable, toxic, and carcinogenic even in a low concentration (ppm). It usually experienced some conditions such as not dissolved, precipitated, fused, absorbed, anorganic, reducer, oxidize, and free metal. One of the heavy metals that can cause negative effects for human and other living creature is Kromium Ion. The waste of the usage of Krom can damage the environment. Krom is a heavy metal that has dangerous affects that we have to be aware of. Krom (VI) on water was found 2 form od specieses, as an anion $(Cr_2O_7)^{2-}$ (In Acid solution) and anion $(CrO_4)^{2-}$ (In Alkaline solution). One of the ways how to overcome Krom in a waste is by absorb it with an adsorbent, modified Silica DMA. It characterized with an electron microscope scanning, infrared spectrum, K_2CrO_4 adsorption from liquid solution which investigated in some pH level, contact time, K_2CrO_4 first concentration. The result of the experiment shows that modifying silica with DMA increases the adsorption capacity for Kromat. Langmuir Isotherm Adsorption resulting regression coefficient on Silica $R^2=0,8488$, and for the modified Silica $R^2=0,9054$. Kromat maximum adsorption capacity on 1,255 mg/g Silica and 2,26 mg/g modified Silica with first concentration of K_2CrO_4 100 mg/L can be reach on pH 2 with 90 minutes mixing process.

Keywords — Adsorption, silica, ion kromat, dimethylamine, batch method

I. PENDAHULUAN

Silika merupakan padatan stabil pada kondisi asam, memiliki karakteristik pertukaran massa yang tinggi, porositas dan luas permukaan spesifik serta memiliki daya tahan tinggi terhadap panas, namun efektifitas adsorpsi silka terhadap ion logam lemah [1]. Silica memiliki dua situs aktif yaitu gugus silanol (-SiOH) dan siloksan (Si-O-Si), pada gugus silanol permukaan silica tersebut akan berinteraksi langsung dengan molekul H_2O , sehingga mengakibatkan H_2O (air) akan mengalami deaktivasi pada permukaan silica dan proses pemisahan akan melemah karena adanya daya retensi yang menurun sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan kemampuan pemisahan silica. Adanya kedua situs aktif ini memungkinkan untuk dilakukan modifikasi dengan pergantian gugus pada sisi aktifnya [1].

Silica sering dimodifikasi dengan gugus organik tertentu untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Pada tahun 2009 Jiang et all dalam jurnal “determination of trace inorganic anions in seawater samples by ion chromatography using silicacolumns modified with cethyltrimethylammonium ion” berhasil menganalisa anion anorganik pada sampel air laut menggunakan silica yang telah dimodifikasi dengan ion cethyltrimethylammonium sebagai fasa diam [2]. Pada tahun 2013, Wang et all dalam jurnal “adsorption and desorption characteristic of imidazole-modified silica for chromium(VI)” berhasil menyerap ion kromium dengan menggunakan silica

yang telah dimodifikasi dengan senyawa imidazol [3]. Pada tahun 2020, Oktavia dan Kardi berhasil melakukan pembuatan kolom monolit dengan bahan silica menggunakan dimetilamin (DMA) sebagai pemodifikasi dan ethylene dimethacrylate sebagai crosslinker dan penggunaannya pada ion kromatografi [4].

Modifikasi silica dengan penambahan suatu material pada permukaannya telah banyak dilakukan, seperti modifikasi dengan penambahan glisidoksi propil trimetoksisilan (GPTMS). Keberhasilan dalam modifikasi dapat dianalisis melalui karakterisasi menggunakan FTIR untuk analisa jenis gugus fungsi pada senyawa dari spektrumnya [1].

Penanggulangan limbah industri yang mengandung logam krom dapat dilakukan dengan pengendapan, yaitu dengan pengaturan pH, namun efektifitasnya perlu ditingkatkan. Untuk itu diperlukan alternative lain dalam penanggulangan limbah industri yang mengandung krom, seperti dengan menggunakan adsorben [1]. Beberapa macam adsorben yang dapat digunakan adalah biomassa, karbon aktif, zeolite dan silica. Jenis adsorben yang menjadi perhatian untuk penelitian kali ini adalah silica.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Adapun jenis alat yang dipakai selama penelitian seperti peralatan gelas, shaker, magnetic stirrer (MR Hei Standard),

pH meter, kertas saring, neraca analitik (ABS 220-4), *hot plate*, oven, botol semprot. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini yaitu FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) tipe perkin elmer universal ATL Sampling Accesors 735 B, dan Spektrofotometer UV-vis.

Jenis bahan yang digunakan selama penelitian diantaranya Silika Gel, GPTMS (*glisidoksi propil trimetoksisilan*), DMA (*dimethylamine*), aquades, HCl, NaOH, K_2CrO_4 , toluene, etanol dan methanol.

B. Pembentukan Silika-GPTMS

Timbang 25 gram silica gel, tambahkan 25 ml GPTMS serta 87,5 ml toluene. Campuran distirrer pada suhu $90^\circ C$ selama 24 jam. Mencuci campuran tersebut dengan 12,5 ml methanol. Lakukan karakterisasi menggunakan instrument FTIR [5].

C. Modifikasi Silika-GPTMS dengan Dimethylamine (DMA)

Silika-GPTMS 23 gram dimodifikasi dengan 11,5 ml DMA yang dilarutkan dalam 11,5 ml etanol (1:1 v/v). Campuran ditirrer pada suhu $80^\circ C$ selama 24 jam, disaring dan cuci menggunakan methanol. Silika ini kemudian dioven selama 4 jam pada suhu $80^\circ C$ [6].

D. Penentuan pH Optimum Adsorpsi Silika

Larutan ion kromat 25 ml konsentrasi 125 ppm, masing-masing dalam variasi pH 2, 4, 6, 8 dan 10 dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dikontakkan dengan silika 1 gram menggunakan *shaker* selama 120 menit kecepatan 150 rpm, kemudian disaring dengan kertas saring, filtrate yang didapatkan diukur konsentrasinya dengan spektronik [6].

E. Penentuan Waktu Kontak Adsorpsi Silika

Larutan ion kromat masing-masing 25 ml konsentrasi 125 ppm diatur pHnya menjadi pH optimum, masing-masing larutan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dikontakkan dengan 1 gram silika menggunakan *shaker* dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit hingga 120 menit dengan kecepatan 150 rpm. Kemudian disaring dengan kertas saring, mengukur penyerapannya menggunakan spektronik dengan panjang gelombang 430 nm [6].

F. Penentuan Isotherm Adsorpsi Ion Kromat pada Silika Gel dan Silika Termodifikasi

Menimbang masing-masing 1 gram silika gel dan silika termodifikasi sebanyak 5 buah serta menambahkan masing-masing 25 ml larutan ion kromat dengan pH optimum dan konsentrasi 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm 100 ppm dan 125 ppm ke Erlenmeyer 100 ml. Mengaduk masing-masing campuran menggunakan *shaker* selama 90 menit. Menyaring campuran dengan kertas saring hingga diperoleh larutan jernihnya. Hitung filtrate adsorpsi ion kromat menggunakan spektronik [6].

G. Perbandingan Kapasitas Sorpsi

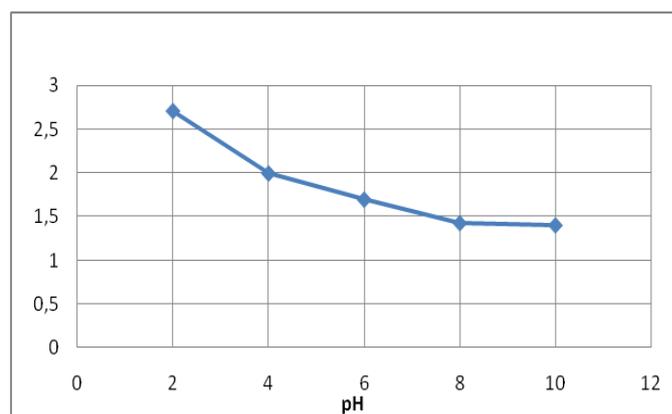
Silika gel, silika termodifikasi dengan DMA masing-masing 1 gram dikontakkan dengan 25 ml larutan ion kromat pada pH optimum, konsentrasi optimum dan waktu

pengadukan optimum seperti hasil penentuan di atas. Filtrate dianalisis dengan spektronik pada panjang gelombang 430 nm [6].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan pH pada Penyerapan Anion Kromat (CrO_4)²⁻ dengan Silika Termodifikasi DMA sebagai Adsorben

Pengaruh pH sangat diperlukan dikarenakan pada saat pengikatan antara gugus fungsi dengan anion kromat (CrO_4)²⁻ melibatkan proses pertukaran ion H^+ [7]. Penelitian kali ini dilakukan variasi pH dari pH 2, 4, 6, 8 dan 10. Kondisi yang baik untuk adsorpsi adalah pH rendah [8], karena pada pH rendah ion H^+ pada permukaan adsorben meningkat sehingga menghasilkan ikatan elektrostatik yang kuat karena muatan positif pada permukaan adsorben dengan anion kromat (CrO_4)²⁻. Sedangkan dengan bertambahnya pH, adsorpsi ion kromat (CrO_4)²⁻ akan semakin menurun, hal ini dikarenakan pada pH tinggi konsentrasi OH^- dalam larutan akan meningkat, sehingga permukaan sel perlahan menjadi bermuatan negatif. Pada kondisi pH tinggi, kemampuan adsorpsi berkurang dan keikatan untuk mengikat ion-ion Cr menjadi semakin kecil.



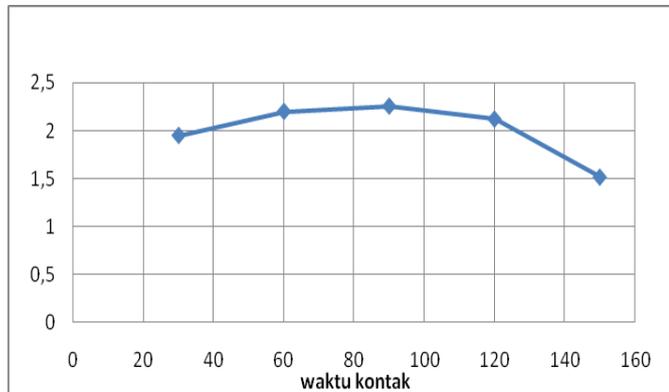
Gambar 1. Kurva pada variasi pH

Hasil pH optim yang terlihat pada gambar diperoleh yaitu pada pH 2, penyerapan yang didapatkan sebesar 2,710 mg/g dengan persentase penyerapan sebesar 80,0738%, kapasitas penyerapan meningkat dari 1,4 mg/g menjadi 2,7105 mg/g dengan menurunnya nilai pH dari 10 sampai 2. Pada tahun 2020 dalam jurnal "*optimization of hexavalent chromium ion adsorption using natural silica modified with DMA by batch method*" berhasil menentukan pH optimum pada penyerapan silika dengan variasi pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, dimana pada pH 2 merupakan keadaan optimum untuk ion kromat [6].

B. Penentuan Waktu Kontak pada Penyerapan Anion Kromat (CrO_4)²⁻ dengan Silika Termodifikasi DMA sebagai Adsorben

Waktu pengadukan bertujuan untuk menentukan lama waktu yang dibutuhkan adsorben untuk menyerap anion kromat (CrO_4)²⁻ sehingga dapat meningkatkan anion kromat (CrO_4)²⁻ secara optimum. Penentuan kapasitas optimum pengaruh waktu pengadukan dilakukan dengan variasi dari 30,

60, 90, 120 dan 150 menit dengan pH 2, konsentrasi 125 ppm. Semakin lama waktu pengadukan semakin besar penyerapan anion kromat (CrO_4^{2-}), pengaruh waktu pengontakan/pengadukan oleh adsorben terhadap anion kromat dapat dilihat dari gambar :



Gambar 2. Kurva variasi waktu pengadukan

Kapasitas penyerapan anion kromat (CrO_4^{2-}) terhadap silika semakin meningkat dengan meningkatnya waktu pengadukan, waktu pengadukan optimum adalah sebesar 90 menit dengan besar penyerapan yaitu 2,25485 mg/g, persentase penyerapan sebesar 91,86%. Penyerapan anion kromat (CrO_4^{2-}) meningkat karena anion kromat (CrO_4^{2-}) yang berikatan dengan adsorben semakin lama waktunya maka akan semakin banyak anion kromat (CrO_4^{2-}) yang akan berikatan pada sisi aktif adsorben sampai pada titik jenuh ketika pada titik jenuh yaitu 120 dan 150 menit penyerapan akan cenderung konstan, hal ini dikarenakan sisi aktif telah berikatan dengan anion kromat (CrO_4^{2-}) telah jenuh sehingga tidak dapat berikatan lagi [9].

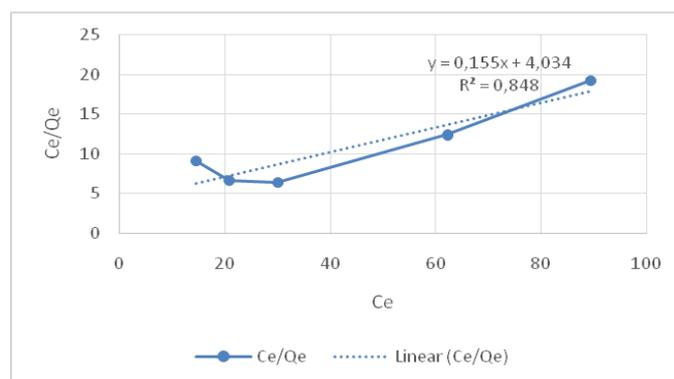
C. Perbandingan Isoterm Adsorpsi ion Kromat (CrO_4^{2-}) pada Silika Sebelum Modifikasi dan Silika Termodifikasi

konsentrasi juga merupakan parameter yang penting untuk penyerapan anion kromat (CrO_4^{2-}) oleh adsorben karena semakin tinggi konsentrasi maka akan semakin tinggi jumlah anion kromat (CrO_4^{2-}) dalam larutan sehingga semakin tinggi penyerapan yang terjadi, akan tetapi apabila adsorben telah mencapai titik jenuh maka penyerapan yang terjadi akan cenderung konstan [10]. Variasi konsentrasi yang dilakukan pada penelitian kali ini melakukan 5 variasi yaitu sebesar 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm dan 125 ppm pada pH 2 terhadap silika gel dan silika termodifikasi. Hasil optimum yang didapatkan yaitu pada konsentrasi 100 ppm dengan penyerapan pada silika sebesar 1,255 mg/g dan pada silika termodifikasi sebesar 2,26 mg/g dengan persentase penyerapan masing-masing 44,66% dan 81,003%.

Hal ini dapat dikaitkan dengan jumlah sisi aktif yang berada pada adsorben ketika jumlah sisi aktif yang berada pada adsorben lebih besar dari pada jumlah anion kromat (CrO_4^{2-}) maka penyerapan yang terjadi juga akan semakin besar, ketika pada konsentrasi 125 ppm jumlah ion yang terserap akan sama jumlahnya dengan jumlah sisi aktif yang

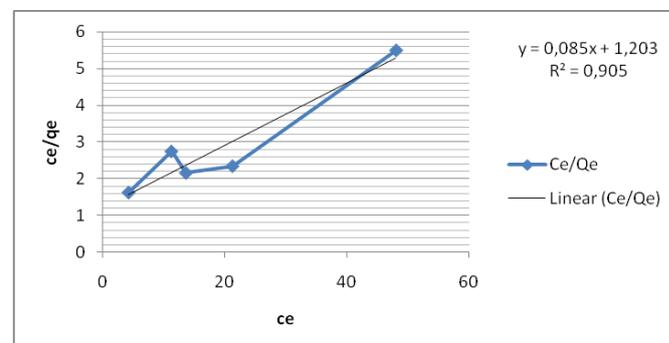
tersedia, hal ini akan mengakibatkan penyerapan secara optimal atau juga sering disebut dengan keadaan setimbang [11] sehingga apabila konsentrasi yang diberikan ditambah maka tidak akan mengakibatkan kenaikan.

Kesetimbangan antara adsorben dan adsorbat dapat ditentukan dengan isotherm Langmuir. Isotherm Langmuir yaitu menyatakan adsorpsi yang terjadi hanya pada lapisan tunggal (monolayer) [12] yaitu terjadi di permukaan pada gambar :



Gambar 5. Isoterm Langmuir pada silika sebelum modifikasi

Dapat ditentukan beberapa variabel yaitu R^2 = penentuan diterminasi nilainya sebesar 0,8488, KI = ketetapan kesetimbangan nilainya sebesar 0,03842 L/mg dan q_m = kapasitas serapan maksimum nilainya sebesar 6,4516 mg/g.

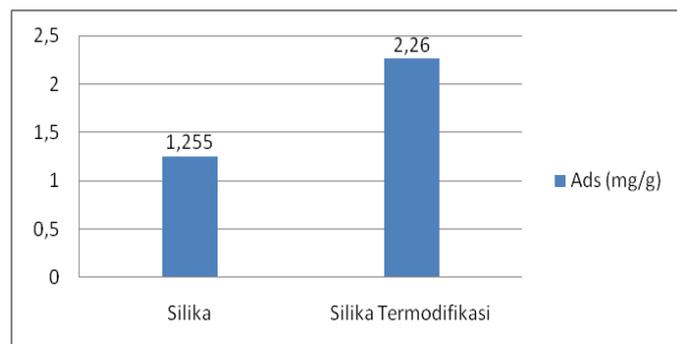


Gambar 6. Isoterm Langmuir pada silika termodifikasi

Dapat ditentukan beberapa variabel yaitu R^2 = penentuan diterminasi nilainya sebesar 0,9054, KI = ketetapan kesetimbangan nilainya sebesar 0,07066 L/mg dan q_m = kapasitas serapan maksimum nilainya sebesar 11,764 mg/g.

D. Perbandingan Kapasitas Adsorpsi Silika sebelum Modifikasi dengan Silika Termodifikasi Pada Kondisi Optimum

Perbandingan kapasitas adsorpsi silika, silika-GPTMS-DMA pada kondisi optimum dapat ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 7. Perbandingan kapasitas adsorpsi terhadap silika dan silika termodifikasi

Gambar di atas menunjukkan bahwa silika-GPTMS-DMA meningkat dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,260 mg/g untuk anion kromat, dan persentase termodifikasinya silika sebesar 80% dibandingkan silika gel. Hal ini menunjukkan bahwa silika tersebut berhasil dimodifikasi menggunakan DMA (*dimethylamine*) [6].

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini, diantaranya :

1. Silica modifikasi DMA (*dimethylamine*) dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap kalium kromat (K_2CrO_4) dengan kapasitas optimum yang didapatkan pada keadaan pH larutan 2, konsentrasi larutan 100 ppm, selama 90 menit untuk waktu pengontakan.
2. Kapasitas serapan maksimum yang didapatkan dari penyerapan kalium kromat (K_2CrO_4) dengan menggunakan silica modifikasi DMA sebagai biosorben yaitu sebesar 2,26 mg/g meningkat dari 1,255 mg/g untuk silika sebelum modifikasi dengan persentase sebesar 80%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kimia universitas Negeri Padang yang telah memfasilitasi pengerjaan penelitian ini. Selanjutnya, ucapan terima kasih juga tertuju kepada Bapak/Ibu Staf Jurusan kimia, Universitas Negeri Padang atas segala bimbingan dan arahnya.

REFERENSI

- [1] S. Sulastri and S. Kristianingrum, "Berbagai Macam Senyawa Silika : Sintesis, Karakterisasi dan Pemanfaatan," *Pros. Semin. Nas. Penelitian, Pendidik. dan Penerapan MIPA*, pp. 211–216, 2010.
- [2] S. L. Priestnall *et al.*, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," *Endocrine*, vol. 9, no. May, p. 6, 2020, [Online]. Available: https://www.slideshare.net/maryamkazemi3/stability-of-colloids%0Ahttps://barnard.edu/sites/default/files/inline/student_use_r_guide_for_spss.pdf%0Ahttp://www.ibm.com/support%0Ahttp://www.spss.com/sites/dm-book/legacy/ProgDataMgmt_SPSS17.pdf%0Ahttps://www.n
- [3] Y. Wang, R. Cheng, Z. Wen, and L. Zhao, "Facile preparation of Fe 3O 4 nanoparticles with cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) assistant and a study of its adsorption capacity," *Chem. Eng. J.*, vol. 181–182, pp. 823–827, 2012, doi: 10.1016/j.cej.2011.12.008.
- [4] B. Oktavia and R. Prasmi Kardi, "Fabrication of methacrylate polymer-based on the silica capillary modified with dimethylamine," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1481, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1481/1/012016.

- [5] R. Sefriani and B. Oktavia, "Modification of natural silica using dimethylamine and the application as a phosphate ion absorption," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1788, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1788/1/012015.
- [6] 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.
- [7] I. Kresnawaty and T. Panji, "Biosorpsi Logam Zn oleh Biomassa," *Menara Perkeb.*, vol. 75, no. September, pp. 80–92, 2007.
- [8] S. Utama, H. Kristianto, and A. Andreas, "Adsorpsi Ion Logam Kromium (Cr (Vi)) Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. "Kejuangan,"* vol. Yogyakarta, no. 17 Maret 2016, pp. 1–6, 2016.
- [9] C. Patricia, W. Astono, and D. I. Hendrawan, "Kandungan Nitrat dan Fosfat di Sungai Ciliwung," *Jur. Tek. Lingkung. Fak. Arsit. Lanskap dan Teknol. Lingkung. Univ. Trisakti*, vol. 4, no. 1, p. 182, 2018.
- [10] W. T. Wulandari, A. Rochliadi, and I. M. Arcana, "Nanocellulose prepared by acid hydrolysis of isolated cellulose from sugarcane bagasse," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 107, no. 1, 2016, doi: 10.1088/1757-899X/107/1/012045.
- [11] Z. Chaidir, D. T. Sagita, R. Zein, and E. Munaf, "Bioremoval of methyl orange dye using durian fruit (Durio zibethinus) Murr seeds as biosorbent," *J. Chem. Pharm. Res.*, vol. 7, no. 1, pp. 589–599, 2015.
- [12] N. Feng, X. Guo, S. Liang, Y. Zhu, and J. Liu, "Biosorption of heavy metals from aqueous solutions by chemically modified orange peel," *J. Hazard. Mater.*, vol. 185, no. 1, pp. 49–54, 2011, doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.08.114.