

KINETIKA ADSORPSI KROMIUM(VI) YANG TERKANDUNG DALAM LIMBAH BATIK PADA ASAM HUMAT TERMODIFIKASI MAGNETIT (AH-Fe₃O₄)

Syarifatul Muniroh¹, Maya Rahmayanti²

^{1,2}Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga,
Jl. Laksda Adisucipto, Yogyakarta 55281 Indonesia
email: syarifatul.muniroh4@gmail.com

ABSTRAK

Logam Kromium(VI) merupakan logam berbahaya yang terdapat dalam limbah cair industri batik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinetika adsorpsi logam Cr(VI) oleh asam humat termodifikasi magnetit (AH-Fe₃O₄). Kinetika adsorpsi dipelajari menggunakan model kinetika orde satu, orde dua, pseudo orde satu, dan pseudo orde dua pada pH 7 dan 10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi Cr(VI) pada AH-Fe₃O₄ mengikuti pseudo orde dua Ho baik pada pH 7 maupun pH 10.

Kata Kunci : Logam Kromium(VI), limbah batik, asam humat, termodifikasi magnetit

ABSTRACT

Chromium(VI) is a hazardous metal which usually exist in wastewater from batik textile industry. This research aim to study the adsorption kinetic of Cr(VI) using humic acid coated on magnetite (HA-Fe₃O₄). Adsorption kinetic has studied using kinetic models of first order, second order, pseudo first order, and pseudo second order reaction in pH 7 and 10. Result shows that the adsorption kinetic of Cr(VI) by HA-Fe₃O₄ followed pseudo second order kinetic in pH 7 and 10.

Keywords: Chromium(VI), hazardous metal, adsorption kinetic, batik

PENDAHULUAN

Logam Cr(VI) merupakan salah satu logam yang mempunyai sifat toksik, mutagenik, dan karsinogenik. Ketika logam Cr(VI) berada dalam lingkungan maka akan membahayakan sistem tanah dan sistem akuatik (Aydin dan Aksoy, 2009). Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan limbah untuk mengurangi kadar logam Cr(VI) menggunakan metode adsorpsi. Adsorpsi dilakukan pada pH netral dan basa dengan Cr(VI) membentuk spesi CrO₄²⁻ (Kumral, 2007). Limbah

yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah industri batik di Yogyakarta yang diambil dari proses pewarnaan. Adsorben yang digunakan dalam penelitian ini yaitu asam humat termodifikasi magnetit (AH-Fe₃O₄). Modifikasi dengan magnetit dilakukan untuk memudahkan proses

adsorpsi sehingga tidak perlu dilakukan filtrasi atau sentrifugasi dalam memisahkan adsorben dengan filtrat, melainkan hanya dengan dekantasi menggunakan medan magnet eksternal (Rahmayanti, dkk., 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kinetika adsorpsi logam Cr(VI) pada kondisi pH 7 dan pH 10. Penelitian mengenai adsorpsi logam Cr(VI) menggunakan AH-Fe₃O₄ telah dilakukan oleh Koesnarpadi dan Tarigan (2014) bahwa adsorpsi pada kondisi asam mengikuti model kinetika pseudo orde dua Ho. Penelitian dilakukan pula oleh Jiang dan Wenjun (2014) mengenai adsorpsi Cr(VI) menggunakan AH-Fe₃O₄ pada pH asam menunjukkan hasil bahwa

adsorpsi mengikuti model kinetika pseudo orde dua Ho. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dipelajari kinetika adsorpsi pada pH netral dan basa menggunakan beberapa model kinetika yaitu orde satu, orde dua, pseudo orde satu Lagergren, dan Pseudo orde dua Ho.

METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah pH meter dan Spektrofotometer UV-Vis U-1800. Bahan yang digunakan adalah asam humat termodifikasi magnetit (AH-Fe₃O₄), akuades, air bebas mineral (akuademin), K₂Cr₂O₇ (Merck 100%), H₂SO₄ (Merck 100%), Aseton (Merck 100%), dan 1,5 Difenilkarbazid (DPC) (Zhanyun, Shanghai)

Prosedur

a. Sintesis AH-Fe₃O₄

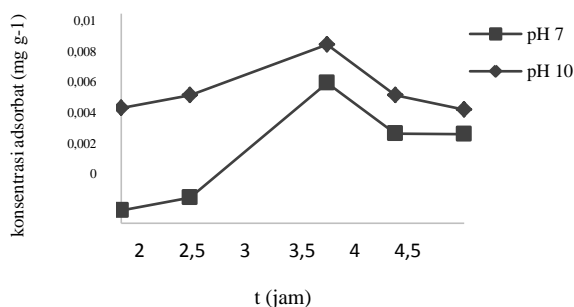
Sebanyak 2,78 g (0,01 mol) FeSO₄·7H₂O yang dilarutkan dalam 100 mL akuades dipanaskan hingga 90⁰C dan dicampurkan dengan 5,41 g (0,02 mol) FeCl₃·6H₂O yang telah dilarutkan dalam 100 mL akuades. Larutan dipanaskan kembali pada temperatur 90⁰C sambil diaduk dan ditutup rapat. Ditambahkan 10 mL NaOH (25% v/v) dan 1 g AH secara cepat dan berurutan. Campuran diaduk pada 90⁰C selama 30 menit. Pengadukan dihentikan dan campuran didiamkan pada 90⁰C selama 30 menit. Campuran didinginkan pada suhu kamar, kemudian disaring dan endapan yang diperoleh dicuci dengan 50 mL akuades sebanyak 3 kali (dengan bantuan medan magnet eksternal).

b. Adsorpsi Kromium(VI)

Sampel limbah sebanyak 5 sampel disiapkan, kemudian ditambahkan HCl atau NaOH hingga tercapai pH 7, dan 10, kemudian diukur kadar Cr(VI) menggunakan spektrofotometer UV-Vis menggunakan larutan pengompleks difenilkarbazid. Setiap sampel kemudian ditambahkan adsorben AH-Fe₃O₄ sebanyak 0,5 g lalu ditutup dengan aluminium foil. Adsorpsi dilakukan dengan kecepatan 900 rpm menggunakan *magnetic stirrer*. Adsorpsi dilakukan pada variasi waktu kontak 2, 2,5, 3,5, 4, dan 4,5 jam. Filtrat yang diperoleh diukur kadar Cr(VI) menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Adsorben yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD.

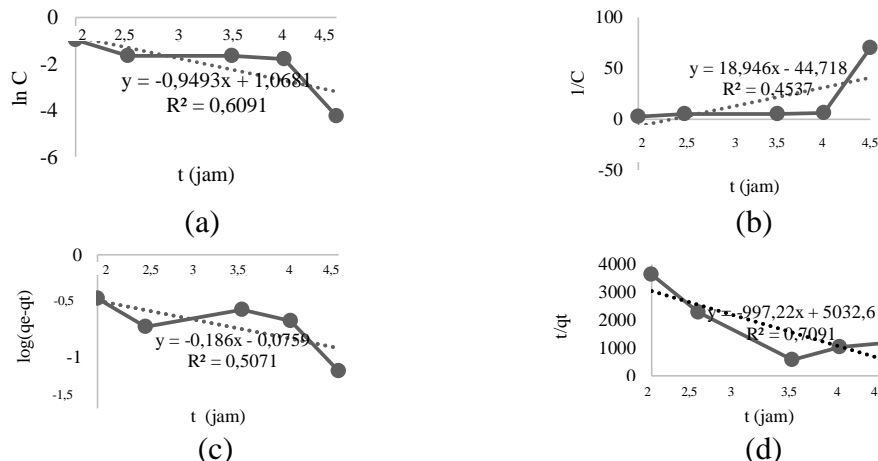
HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju adsorpsi pada pH 7 dan pH 10 dapat diperoleh melalui penentuan model kinetika yaitu orde satu, orde dua, pseudo orde satu Lagergren, dan pseudo orde dua Ho.



Gambar 1. Grafik adsorpsi Cr(VI) variasi waktu

Melalui beberapa model kinetika tersebut konstanta laju adsorpsinya (k) yang ditentukan melalui besar koefisien regresi (R^2) tertinggi pada salah satu model kinetika tersebut. Grafik pada Gambar 1. merupakan grafik adsorpsi pada variasi waktu kontak 2, 2,5, 3,5, 4, dan 4,5 jam dalam kondisi pH 7 dan pH 10. Hasil tersebut digunakan untuk menentukan besar laju adsorpsi melalui model kinetika yang sesuai.

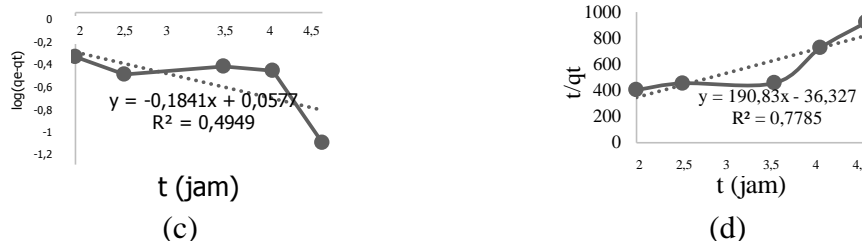


Gambar 2. Model kinetika adsorpsi pH 7 (a) orde satu, (b) orde dua, (c) pseudo orde satu Lagergren, (d) pseudo orde dua Ho

Nilai regresi pada grafik model kinetika digunakan untuk menentukan apakah estimasi penggunaan variasi waktu kontak dapat memberikan hasil yang bagus pada konsentrasi adsorbat teradsorpsi ? Semakin mendekati 1 maka nilai regresi semakin baik (Atkins, 1990). Gambar 2. diperoleh regresi dengan nilai paling baik yaitu pada grafik d atau model kinetika pseudo orde dua. Menurut Ho (2006) model kinetika pseudo orde dua mempunyai fungsi yang kompleks pada reaktan yang terlibat. Pseudo orde dua diasumsikan mempunyai hukum laju yang sama dengan orde tiga, akan tetapi salah satu reaktannya adalah konstan (Ho, 2006), sehingga adanya ketiga reaktan dan satu reaktan konstan memberikan kesesuaian model kinetika pada proses adsorpsi yaitu Ho atau pseudo orde dua. Melalui nilai $y = mx + c$ pada grafik kinetika pseudo orde dua, laju adsorpsi yang diperoleh yaitu $197,601 \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$, yang artinya dalam $190,601 \text{ g}$ hanya dapat mengikat 1 mg adsorbat. Hal tersebut disebabkan adanya senyawa lain dalam limbah yang terikat pada adsorben. Konsentrasi adsorbat teradsorpsi yang diperoleh pada pH 7 yaitu $0,001 \text{ mg/g}$, sementara laju adsorpsi awal $0,002 \text{ mg g}^{-1} \text{ menit}^{-1}$.

Linearitas pada model kinetika pseudo orde dua merupakan linearitas paling baik pada pH 10 dengan nilai $R^2 = 0,7785$. Melalui nilai regresi tersebut, diperoleh laju adsorpsi dengan persamaan $h = kq_e^2$ yaitu $190,83 \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$, dan konsentrasi adsorbat teradsorpsi $0,0052 \text{ mg g}^{-1}$.





Gambar 3. Model kinetika adsorpsi pH 10 (a) orde satu, (b) orde dua, (c) pseudo orde satu Lagergren, (d) pseudo orde dua Ho

Nilai q_e pada pH 7 lebih kecil dibandingkan pH 10. Hal tersebut diduga terjadi reaksi reversibel antara logam Cr(VI) dengan adsorben AH-Fe₃O₄. Selain itu, pada pH 7 gugus fungsi humat yang deprotonasi tidak sebanding dengan pH 10, dimana pada pH 10 gugus fungsi humat mengalami deprotonasi lebih banyak.

Tabel 1. Hasil kinetika adsorpsi larutan pH 7

Model Kinetika Adsorpsi	R ²	q _e (mg g ⁻¹)	h (mg g ⁻¹ menit ⁻¹)	k (g mg ⁻¹ menit ⁻¹)
Pseudo orde satu Lagergren	0,5071	0,8396	-	0,1860
Pseudo orde dua Ho	0,7091	0,0010	0,0002	197,6010
Orde satu	0,6091	-	-	0,9493
Orde dua	0,4537	-	-	18,9640

Tabel 2. Hasil kinetika adsorpsi larutan pH 10

Model Kinetika Adsorpsi	R ²	q _e (mg g ⁻¹)	h (mg g ⁻¹ menit ⁻¹)	k (g mg ⁻¹ menit ⁻¹)
Pseudo orde satu Lagergren	0,4949	1,1420	-	0,1841
Pseudo orde dua Ho	0,7785	0,0052	0,0052	190,8300
Orde satu	0,4716	-	-	1,2990
Orde dua	0,4213	-	-	83,7360

Laju adsorpsi awal (h) pada pH 7 lebih kecil dari pH 10. Hal tersebut disebabkan pada proses adsorpsi, spesi ion Cr(VI) memiliki energi ikatan yang rendah dengan adsorben pada awal waktu, sehingga adsorpsi Cr(VI) mencapai waktu optimum pada akhir waktu. Sementara itu, konstanta laju adsorpsi pada model pseudo orde dua Ho pH 7 dan pH 10 memiliki nilai k sangat tinggi, Hal tersebut diduga pada proses adsorpsi, gugus aktif pada adsorben AH-Fe₃O₄ seperti -COO- dan -OH mengikat senyawa lain dalam limbah dengan jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan jumlah logam Cr(VI). Selain itu, diasumsikan bahwa pada proses adsorpsi terdapat jenis adsorbat lain yang dapat berikatan dengan pengompleks logam Cr(VI), sehingga pengukuran logam Cr(VI) menggunakan spektrofotometer UV-Vis tidak berjalan dengan baik.

KESIMPULAN

Laju adsorpsi pada pH 7 dan pH 10 mengikuti model kinetika pseudo orde dua Ho, dengan perolehan laju $197,601 \text{ mg g}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ dan $190,83 \text{ g mg}^{-1} \text{ menit}^{-1}$ dan konsentrasi adsorbat teradsorpsi (q_e) pada pH 7 dan pH 10 yaitu $0,001 \text{ mg/g}$ dan $0,052 \text{ mg/g}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkins, P.W. 1990. Kimia Fisika. Edisi ke IV, Erlangga, Jakarta.
- Aydin, Y.A. & Aksoy, N. D. 2009. Adsorption of Chromium on Chitosan: Optimization, Kinetics and Thermodynamics. Chem. Eng. J, 151, 188-194.
- Elovitz, M. S., dan Fish, W. 1995. Redox Interactions of Cr(VI) and Substituted Phenols: and Mechanism. Environ. Sci. Technol. 1995, 29, 1933-1943.
- Ho, Y.S. 2006. Review of Second-Order Models for Adsorption Systems. Journal of hazardous Materials, 136(3): 103-111.
- Jiang, Wenjun. 2014. Cr(VI) Adsorption and Reduction by Humic Acid Coated on Magnetite. Department of Chemistry and Biochemistry. Miami, USA: Florida International University.
- Koesnarpadi, Soerja, Daniel, T. 2014. Kinetika Adsorpsi Cr(VI) Menggunakan Adsorben Magnetit (Fe_3O_4) dan Magnetit Terlapis Asam Humat ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AH}$). Fakultas MIPA: Universitas Mulawarman.
- Kumral, E. 2007. Speciation of Chromium In Waters Via Sol-Gel Preconcentration Prior to Atomic Spectrometric Determination. Tesis. Pascasarjana Sains dan Teknologi. Institut teknologi Izmir: Turki.
- Rahmayanti, M., Santosa, S.J., Sutarno, Comparative Study on the Adsorption of $[\text{AuCl}_4]^-$ onto Salicylic Acid and Gallic Acid Modified Magnetite Particles, Indones. J. Chem., 16 (2016) 329 - 337