

PENENTUAN KAPASITAS ADSORPSI SELULOSA TERHADAP RHODAMIN B DALAM SISTEM DINAMIS

Asnawati Asnawati *, Resty Rukmi Kharismaningrum, Novita Andarini

Jurusan Kimia, FMIPA

Universitas Jember

*email: asnawati.fmipa@unej.ac.id

Received 6 Pebruari 2017

Accepted 3 Mei 2017

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas adsorpsi selulosa terhadap rhodamin B dengan optimasi massa adsorben dan pH larutan. Kapasitas adsorpsi ditentukan dengan sistem dinamis dengan kecepatan 0,08 mL/menit melalui kolom berdiameter internal 8 mm yang mengandung selulosa. Kapasitas adsorpsi selulosa ditentukan dengan menggunakan persamaan Thomas. Kurva *breakthrough* digunakan untuk mengetahui keefektifan kolom dalam mengadsorpsi. Massa adsorben divariasikan sebesar 0,1; 0,2; dan 0,3 gram serta pH larutan influen divariasikan pada pH 5, 6 dan 7. Massa adsorben dan pH larutan influen dengan kapasitas adsorpsi paling optimum adalah massa 0,3 gram dan pH 7. Kapasitas adsorpsi selulosa terhadap rhodamin B sebesar 5,94 mg/g.

Kata kunci: Adsorpsi, rhodamine B, selulosa, sistem dinamis.

Abstract

This aim of this research is to determine the adsorption capacity of the cellulose toward rhodamine B by optimizing the amount of adsorbent and the pH of the solution. The adsorption capacity of cellulose is determined in a dynamic method with a flow rate of 0.08 mL/minutes through a column (8 mm id) containing cellulose. Thomas equation is used to calculate the adsorption capacity of cellulose. The effectiveness of column adsorbent is derived from breakthrough curve. The amount of adsorbent was set 0.1; 0.2 and 0.3 gram and pH of the solutions are 5, 6 and 7. The highest adsorption capacity is achieved with the mass of adsorbent of 0.3 gram and pH of solution of 7. Adsorption capacity of cellulose toward rhodamine B is 5.94 mg/g.

Keywords: Adsorption, rhodamine B, cellulose, dynamic system

Pendahuluan

Zat warna sintetik umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya dari gugus benzen. Gugus benzen sangat sulit didegradasi dan membutuhkan waktu degradasi yang lama (Mamoto *et al.*, 2013). Metode yang paling banyak digunakan

untuk pengolahan limbah zat warna adalah adsorpsi (Widjanarko *et al.*, 2006). Adsorben yang paling banyak digunakan saat ini adalah adsorben yang berasal dari bahan alam. Beberapa adsorben bahan alami yang digunakan yaitu: tongkol jagung (Munawaroh, 2012), kulit ari

gandum (Suwarsa, 1997), dan serat daun nanas (Hastuti *et al.*, 2012). Senyawa yang ada dalam bahan alami yang berperan dalam proses adsorpsi yaitu selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Penelitian secara spesifik untuk mengetahui kapasitas setiap senyawa pada bahan alami dalam mengadsorpsi zat warna belum ditemukan, sehingga perlu dilakukan penelitian agar diketahui secara spesifik berapa kapasitas adsorpsi dari masing-masing senyawa tersebut. Kapasitas adsorpsi setiap senyawa yang terdapat pada bahan-bahan alami dipengaruhi oleh struktur masing-masing senyawa. Adsorben selulosa, lignin dan hemiselulosa memiliki monomer yang berbeda sehingga kemampuan untuk mengadsorpsi zat warna juga berbeda. Selulosa merupakan salah satu senyawa yang terdapat pada bahan alam dengan kandungan yang lebih banyak dibandingkan lignin dan hemiselulosa. Menurut (Cooney, 1998), selulosa mempunyai karakter hidrofilik serta mempunyai gugus alkohol primer dan sekunder yang keduanya mampu mengadakan reaksi dengan zat warna reaktif.

Secara umum terdapat banyak faktor yang mempengaruhi adsorpsi fisika dan kimia yaitu: suhu, sifat pelarut, area permukaan adsorben, struktur pori adsorben dan pH larutan (Hidayat, 2008). Kurniawan, 2010 menyatakan bahwa terdapat beberapa parameter khusus yang mempengaruhi proses adsorpsi dari senyawa organik, tergantung dari beberapa karakteristik senyawa organik tersebut, diantaranya: massa adsorben, struktur molekul, dan pH larutan influen. Parameter adsorpsi mempengaruhi besarnya kapasitas suatu adsorben dalam menyerap adsorbat. Kapasitas adsorpsi menyatakan banyaknya adsorbat yang mampu terakumulasi pada permukaan adsorben. Kapasitas adsorpsi yang maksimum dapat diperoleh setelah dilakukan optimasi parameter yang mempengaruhi adsorpsi (Kurniawan, 2010).

Metode adsorpsi yang umum digunakan adalah metode *batch* dan dinamis (Hadiwidodo, 2008). Metode *batch* untuk adsorpsi zat warna telah banyak diteliti yaitu: adsorpsi zat warna Congo Red dan Rhodamin B menggunakan serabut kelapa dan ampas tebu (Widjanarko *et al.*, 2006) serta penggunaan kulit pisang dan jeruk untuk adsorpsi zat warna sintetik (Annadurai *et al.*, 2002), penggunaan limbah industri kertas (Thakur and Kaur, 2017)

Penelitian menggunakan metode dinamis yaitu: adsorpsi 2,4-dichlorophenol menggunakan biomassa *Phanerochaete chrysosporium* (Wu & Yu, 2008) dan adsorpsi pewarna organik (Gribhi *et al.*, 2011). Kelebihan metode dinamis adalah penggunaan aliran pada proses adsorpsinya. Sistem dinamis lebih menguntungkan karena proses ini mempunyai pendekatan yang lebih baik di lapangan karena sistem operasinya yang selalu mengontakkan larutan dengan adsorben sehingga permukaan adsorben dapat menyerap secara optimal sampai kondisi jenuhnya. Penelitian kapasitas adsorpsi pada metode dinamis menggunakan pendekatan persamaan Thomas. Persamaan Thomas menggambarkan penentuan kapasitas adsorpsi berdasarkan konsentrasi influen dan efluen, kecepatan aliran pada *flow process*, serta volume larutan yang dilewatkan pada kolom adsorben (Thomas, 1944). Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian tentang kapasitas adsorpsi selulosa terhadap rhodamin B dalam sistem dinamis dengan memvariasikan beberapa parameter yang mempengaruhi adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi selulosa terhadap Rhodamin B dengan optimasi massa adsorben dan pH larutan influen optimum.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Bahan kimia yang diperlukan yaitu : asam oksalat 99.5-102.5% (ACS), natrium hidroksida 99.996% (Merck), asam asetat 99,7% (Merck), kalium dihidrogen fosfat $\geq 99.0\%$ Redi-Dri™, natrium asetat anhydrous, 99.0% (ACS), rhodamin B $\geq 95\%$ (Sigma-Aldrich) dan selulosa (Sigma-Aldrich) dan glasswol. Peralatan yang digunakan untuk analisa yaitu set alat infus dengan diameter dalam selang 5 mm, kolom kaca (diameter dalam 0,8 cm; diameter luar 1 cm; panjang 20 cm) dan 752N spectrophotometer lab equipment uv-vis new N, pH meter tipe EAI pH 2011 CE, dan peralatan gelas

Prosedur Penelitian

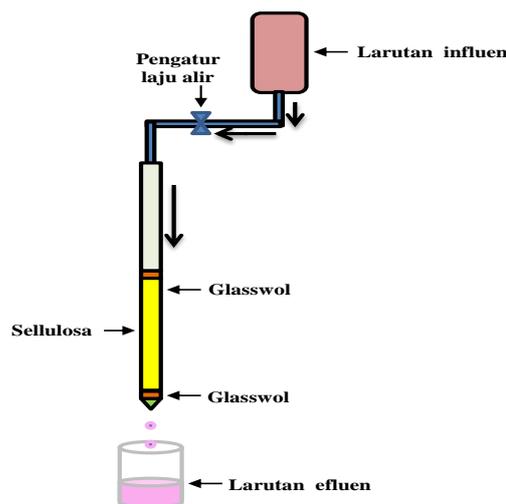
Preparasi Larutan rhodamine B.

Larutan stock rhodamine B 100 ppm dibuat dengan melarutkan 100 mg rhodamin B dengan akuades sampai volume larutan 1 L. Pembuatan buffer asetat pH 5 dan pH 6 dilakukan dengan mencampurkan larutan CH_3COOH 0,1 M dan larutan CH_3COONa 0,1 M. Pembuatan buffer fosfat pH 7 dilakukan dengan cara mencampurkan larutan NaOH 0,1 M dan larutan KH_2PO_4 0,1 M. Larutan rhodamin B 10 ppm dibuat dengan mengencerkan larutan rhodamin B 100 ppm dengan menggunakan larutan buffer pH 5, pH 6 dan pH 7.

Preparasi Kolom Kerja

Kolom kerja disiapkan dengan menimbang sebanyak 0,1 g; 0,2 g dan 0,3 g selulosa dimasukkan ke dalam kolom kerja. Kolom kerja dilapisi dengan glasswol pada bagian dasar kolom dan atas adsorben. Rancangan set desain kolom kerja dapat dilihat pada gambar 1. Kolom kerja terdiri atas set alat infus dengan kran (pengatur laju alir) telah datur pada posisi tetap. Kabel infus dihubungkan dengan kolom kaca. Efluen yang keluar ditampung dengan menggunakan gelas beaker. Variasi pH influen menggunakan larutan buffer fosfat dan buffer asetat pada pH 5, 6 dan 7. Penentuan kapasitas adsorpsi menggunakan model pendekatan Thomas.

Kapasitas adsorpsi kolom q_0 dapat ditentukan dari plot $V_{\text{eff}} \text{ vs } \ln[(C_0/C_e)-1]$ pada laju alir tertentu. Nilai intersep grafik digunakan untuk menentukan nilai kapasitas adsorpsi sedangkan nilai gradient digunakan untuk menentukan nilai konstanta Thomas sesuai dengan persamaan linear dengan memasukkan semua nilai yang telah diketahui ke dalam persamaan tersebut.



Gambar 1. Set desain kolom kerja

Penentuan parameter optimum dan kapasitas adsorpsinya

Analisis proses adsorpsi dilakukan dengan variasi massa diawali dengan memasukkan larutan rhodamin B 10 ppm dengan pH 7 ke dalam kantong infus dan diatur kecepatan alir 0,08 mL/menit yang mengalir ke dalam kolom yang berisi selulosa dengan variasi massa 0,1 g; 0,2 g dan 0,3 g. Analit yang keluar ditampung setiap 50 mL dan diukur adsorbansi dengan spektrofotometer uv-vis dan dilakukan hingga kolom jenuh. Variasi pH analisis dilakukan dengan melewati larutan rhodamin B pH 5, pH 6 dan pH 7 ke dalam kolom yang berisi selulosa dengan massa optimum dengan kecepatan alir sama dan dilakukan perlakuan yang sama seperti pada optimasi massa. Penentuan kapasitas optimum dilakukan dengan melewati larutan rhodamin B dengan pada pH dan massa optimum ke

dalam kolom berisi selulosa dengan kecepatan alir yang sama dan dilakukan perlakuan yang sama seperti pada tahap optimasi.

Analisis data yang diperoleh untuk mendapatkan nilai kapasitas adsorpsi lignin terhadap rhodamin B dalam sistem dinamis menggunakan persamaan model Thomas (Persamaan 1). Dengan C_o , konsentrasi influen (mg/L), C_e , konsentrasi efluen (mg/L), KTh , konstanta laju Thomas (mL/menit.mg), q_o , kapasitas adsorpsi (mg/g), Q , laju alir influen (mL/menit), M , massa adsorben (g), V_{eff} , volume efluen (L). (Nwabanne & Igbokwe, 2012)

$$\ln\left(\frac{C_o}{C_e} - 1\right) = \frac{KTh \cdot q_o \cdot M}{Q} - \frac{KTh \cdot C_o \cdot V_{eff}}{Q} \quad (1)$$

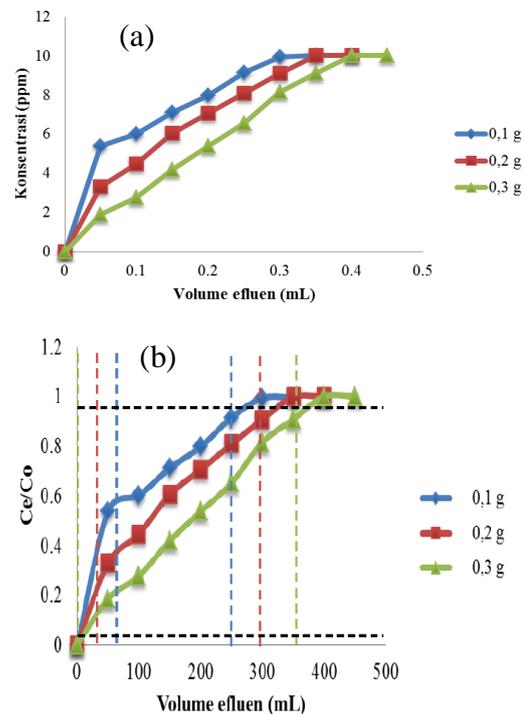
Hasil dan Pembahasan

Massa Adsorben

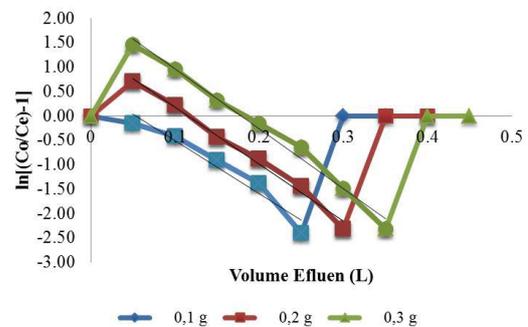
Penentuan massa adsorben selulosa dengan variasi 0,1 g; 0,2 g dan 0,3 g. rhodamin B dialirkan terus-menerus ke dalam kolom hingga adsorben selulosa berada pada titik jenuh. Titik jenuh memiliki arti bahwa adsorben sudah tidak mampu menyerap adsorbat lagi. Gambar 2(a) menunjukkan bahwa massa 0,3 gram adsorben dapat menyerap rhodamin B dengan kapasitas tertinggi yaitu sebanyak 400 mL. Nilai tersebut menunjukkan semakin banyak massa adsorben semakin banyaknya sisi aktif yang dapat mengikat adsorbat.

Grafik pada gambar 2(b) menggambarkan penjelasan kurva *breakthrough* dimana *break point* ditunjukkan pada rasio C_e/C_o mendekati 5%. Rasio C_e/C_o yang telah melebihi 5% menunjukkan bahwa proses adsorpsi telah terjadi pada kolom. Berdasarkan gambar 2(b) menunjukkan bahwa titik *break point* pada massa 0,1 gram sebesar 64 mL, massa 0,2 gram sebesar 32 mL, dan massa 0,3 gram sebesar 6 mL. Nilai *exhaustion point* pada massa adsorben 0,1 gram sebesar 256 mL, pada massa 0,2 gram sebesar 301 mL, dan massa 0,3 gram

sebesar 366 mL. Kurva *breakthrough* menunjukkan keadaan analit dalam suatu kolom.



Gambar 2. (a) Kurva konsentrasi vs volume efluen, (b) kurva *breakthrough* variasi massa adsorben dan pH influen 7.



Gambar 3. Pengukuran kapasitas adsorpsi dengan persamaan Thomas pada variasi massa dan pH influen 7

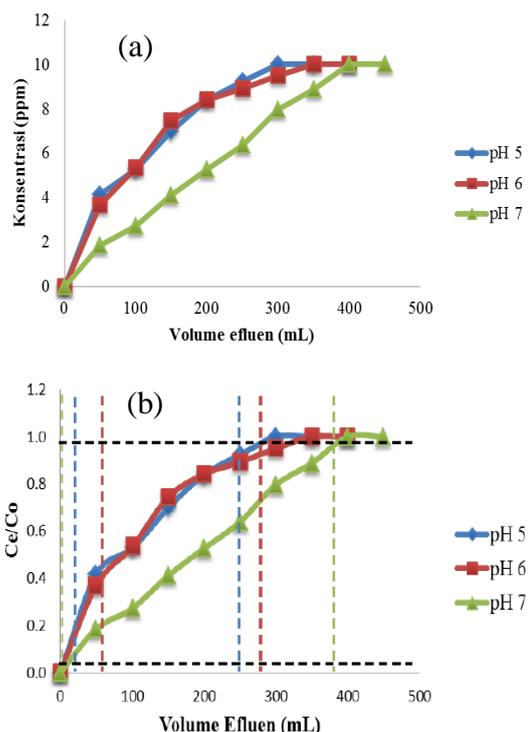
Gambar 3 digunakan untuk perhitungan persamaan Thomas dimana hasil kapasitas adsorpsi kolom selulosa dengan massa 0,1 gram hingga 0,3 gram berturut-turut sebesar 5,36 mg/g; 5,51 mg/g; dan 5,72 mg/g. Penentuan massa optimum adsorben diperoleh dari nilai kapasitas adsorpsi yang paling maksimum pada variasi massa adsorben. Dengan demikian massa

optimum adalah 0,3 gram karena memiliki kapasitas adsorpsi maksimum.

Nilai kapasitas adsorpsi paling tinggi dihasilkan dari kolom selulosa dengan massa 0,3 gram seperti pada Gambar 4 dimana kolom tersebut dapat menyerap 5,72 mg rhodamin B tiap 1 gram selulosa dengan kecepatan alir 0,08 mL/menit. Kapasitas adsorpsi tersebut menunjukkan banyaknya rhodamin B yang mampu diadsorpsi selulosa. Kemampuan adsorpsi ditentukan oleh struktur suatu adsorben dan parameter adsorpsi lainnya. Massa adsorben yang tinggi memberi peluang bagi adsorbat untuk teradsorpsi pada adsorben sehingga kapasitas adsorpsi juga meningkat. Penelitian ini tidak menggunakan variasi massa di atas 0,3 gram karena kapasitas kolom yang digunakan pada penelitian ini hanya mampu menganalisis massa adsorben maksimal 0,3 g.

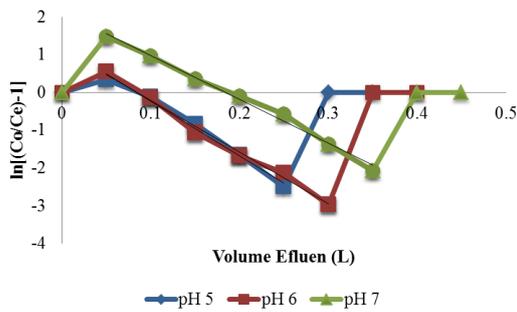
Penentuan pH Influen rhodamine B

Larutan rhodamine B 10 ppm yang telah dikondisikan dengan buffer pH 5, 6 dan 7 masing-masing dialirkan ke dalam kolom dengan massa adsorben 0,3 gram dengan kecepatan alir 0,08 mL/menit. Kapasitas adsorpsi selulosa maksimum pada variasi pH 5, 6, dan 7 merupakan pH adsorbat optimum. Kolom selulosa dengan variasi pH influen dapat menyerap Rhodamin B dengan volume pada pH 5 hingga 7 berturut-turut sebesar 300, 350, dan 400 mL. Nilai adsorbansi tertinggi diperoleh kolom dengan massa selulosa 0,3 gram pada pH 7 karena pada kolom tersebut dapat menyerap influen dengan volume tertinggi. Nilai volume tertinggi ditunjukkan pada Gambar 5(a) yang menggambarkan bahwa volume influen tertinggi yang dapat diserap saat pH larutan Rhodamin B sebesar 7.



Gambar 4. (a) kurva konsentrasi vs volume efluen, (b) kurva *breakthrough* variasi pH influen dan adsorben 0,3 g.

Kurva *breakthrough* (Gambar 4b) pada optimasi pH yang dilakukan menunjukkan rasio antara konsentrasi efluen dengan konsentrasi influen. Rasio C_e/C_o digunakan untuk mengetahui volume efektif yang dapat diserap adsorben dan volume maksimum kolom untuk menyerap rhodamin B. Nilai *break point* pH 5, 6, dan 7 berturut-turut sebesar 38 mL, 60 mL, dan 7 mL. Nilai *exhaustion point* pada variasi pH 5, 6, dan 7 berturut-turut sebesar 253 mL, 286 mL, dan 382 mL. Banyaknya volume rhodamin yang diserap kolom pada *break point* hingga *exhaustion point* menunjukkan kemampuan kolom yang semakin baik. Kurva *breakthrough* yang memiliki kemampuan menyerap rhodamin B lebih banyak sebelum mencapai titik jenuh ditunjukkan pada kolom dengan massa 0,3 gram dan variasi pH larutan influen sebesar 7.



Gambar 5. Grafik pengukuran kapasitas adsorpsi melalui persamaan Thomas dengan variasi pH dan massa adsorben 0,3 g

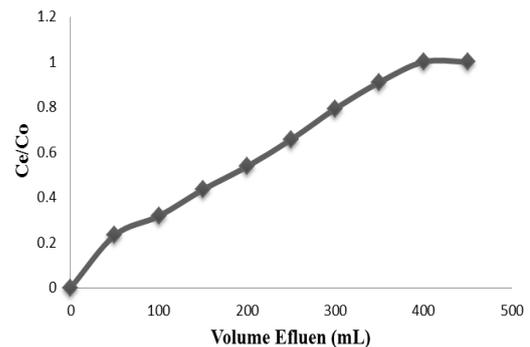
Kapasitas adsorpsi pada kolom selulosa dihitung melalui persamaan Thomas dari hasil plot antara volume efluen dengan persamaan $\ln[(Co/Ce)-1]$. Berdasarkan grafik yang diperoleh pada Gambar 6 didapatkan persamaan garis linear pada variasi pH 5, 6, dan 7. Nilai kapasitas adsorpsi didapatkan dari besarnya nilai intersep dan nilai konstanta Thomas diperoleh dari nilai gradient pada persamaan tersebut.

Nilai kapasitas adsorpsi rhodamin B oleh selulosa pada variasi pH 5, 6 dan 7 berturut-turut sebesar 2,65 mg/g, 2,67 mg/g dan 5,80 mg/g. Berdasarkan data (Gambar 5) maka nilai kapasitas adsorpsi tertinggi saat pH influen 7. Ketika pH influen asam kemungkinan ion H^+ pada larutan influen akan memutuskan gugus OH pada selulosa. Gugus OH pada selulosa yang berkurang akan menurunkan interaksi hidrogen antara ion rhodamin B dengan selulosa sehingga kapasitas adsorpsi selulosa terhadap rhodamin B juga berkurang.

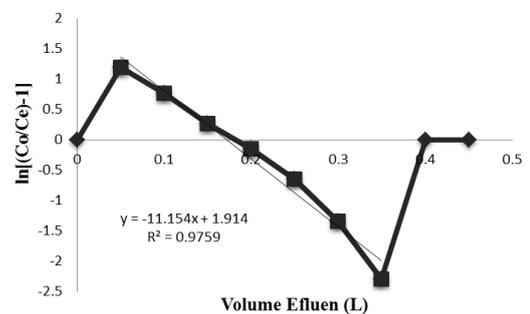
Kapasitas adsorpsi optimum selulosa

Kapasitas adsorpsi optimum ditentukan setelah melakukan optimasi massa adsorben dan pH larutan influen. Massa optimum dari adsorben yang digunakan sebesar 0,3 gram dan pH larutan influen 7. Volume larutan influen yang diserap selulosa sampai mengalami titik jenuh sebesar 400 mL (gambar 6). Berdasarkan

hasil tersebut maka didapatkan kurva *breakthrough* untuk kapasitas adsorpsi selulosa optimum seperti pada gambar 6 Nilai *break point* pada kolom optimum sebesar 5 mL sedangkan nilai *exhaustion point* sebesar 370 mL. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kolom selulosa mampu bekerja mengikat 365 mL rhodamin B sebelum kolom tersebut mencapai titik jenuh.



Gambar 6. Kurva *breakthrough* dengan massa adsorben 0,3 g dan pH influen 7



Gambar 7. Pengukuran kapasitas adsorpsi dengan persamaan Thomas pada massa adsorben 0,3 g dan pH influen 7

Gambar 7 menunjukkan plot untuk menentukan kapasitas adsorpsi selulosa dalam menyerap rhodamin B dimana dari grafik linier tersebut didapatkan persamaan $y = -11,154x + 1,914$.

Berdasarkan persamaan tersebut maka didapatkan nilai kapasitas adsorpsi Rhodamin B oleh selulosa sebesar 5,94 mg/g. Artinya setiap 1 gram selulosa mampu menyerap 5,94 mg rhodamin B dengan kecepatan alir 0,08 mL/menit.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kapasitas adsorpsi selulosa dalam mengadsorpsi rhodamin B yaitu sebesar 5,94 mg/g dengan massa selulosa optimum dalam kolom kaca (diameter dalam 0,8 cm) sebesar 0,3 gram dan pH optimum larutan influen Rhodamin B adalah 7.

Daftar Pustaka

- Annadurai, Gurusamy. Juang, Ruey-Shin. Lee, Duu-Jong. 2002, Use Of Cellulose-Based Wastes For Adsorption of Dyes From Aqueous Solutions, *J. Hazardous Materials*, 263–274
- Cooney, D.O. 1998, Adsorption Design For Wastewater Treatment, USA: Lewis Publishers
- Hadiwidodo, M. 2008, Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Adsorben dalam Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Logam Cu, *Jurnal Teknik*, 29, 55-63
- Hastuti, Sri. Mawahib, Syarif. Setyoningsih. 2012, Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red Mx 8b, *Jurnal Kimia*, Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Hidayat, P. 2008, Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil, *Jurnal Kimia*, 13, 31-35
- Kurniawan. 2010, The Use Of Rice Straw To Eliminate Waste Color Textile Industry Color Index Reactive Orange 84, *Jurnal teknik sipil dan lingkungan*
- Mamoto, Lidya Valda & Citraningtyas, Fatimawali Gayatri. 2013, Analisis Rhodamin B Pada Lipstik Yang Beredar Di Pasar Kota Manado, *Jurnal Kimia Farmasi*, Manado: UNSRAT Manado
- Munawaroh, I. 2012, Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Adsorben Rhodamin B Dan Metanil Yellow, *Skripsi kimia*, Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
- Nwabanne, J.T. and Igbokwe, P.K. 2012, Adsorption Performance of Packed Bed Column for the Removal of Lead (II) using Oil Palm Fibre, *Int. J. App. Sci.Tech*, 2, 106-115
- Suwarsa, S. 1997, Penyerapan Zat Warna Tekstil BR Red HE 7B Oleh Jerami Padi+), *Jurnal Kimia*. Bandung, ITB
- Thakur, A and Kaur, H. 2017, Response surface optimization of Rhodamine B dye removal using paper industry waste as adsorbent, *Int J Ind Chem*,
- Thomas, Henry. 1944, Heterogeneous Ion Exchange in Flowing System, *Int J. Chem*, 66: 1664-1666
- Widjanarko, Widianoro & Soetaredjo. 2006, Kinetika Adsorben Zat Warna Congo Red dan Rhodamin B dengan Menggunakan Serabut Kelapa dan Tebu, *Jurnal Tehnik Kimia*, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- Wu, Juan. Yu, Han-Qing. 2008, Biosorption Of 2,4-Dichlorophenol From Aqueous Solutions By Immobilized Phanerochaete Chrysosporium Biomass In A Fixed-Bed Column, *J. chem Engineering*, 138, 128–135

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah memberikan ruang serta sarana dan prasarana dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu penelitian ini.