

Optimalisasi Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Pada Hemiselulosa Dalam Sistem Dinamis (Optimization Of Rhodamine B Dyes On Hemiselulose In Dynamic System)

Sella August Putri, Asnawati, Dwi Indarti
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember (UNEJ)
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
E-mail: asnawati.fmipa@unej.ac.id

Abstrak

Hemiselulosa digunakan sebagai adsorben alternatif untuk adsorpsi Rhodamin B. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas adsorpsi hemiselulosa terhadap rhodamin B dengan optimasi massa adsorben dan pH larutan. Kapasitas adsorpsi hemiselulosa ditentukan dengan sistem dinamis dengan kecepatan 0,08 mL/menit melalui kolom berdiameter internal 8 mm dan menggunakan persamaan Thomas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa banyaknya zat warna Rhodamin B yang teradsorpsi pada adsorben hemiselulosa mengalami peningkatan dengan bertambahnya massa adsorben. Adsorben hemiselulosa dapat menyerap zat warna Rhodamin B paling baik pada massa adsorben 0,5 gram dan pH larutan 7,34, dengan kapasitas adsorben hemiselulosa sebesar 0,047 mg/g.

Kata Kunci: Adsorben, hemiselulosa, rhodamin B, adsorpsi.

Abstract

Hemicellulose adsorbents are used as an alternative to the adsorption of the Rhodamin B. 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) and using the Thomas equation. The results showed that the amount of Rhodamin B adsorbed in the hemicellulose adsorbent increased with increasing adsorbent mass. Hemicellulose adsorbent can absorb Rhodamin B best at 0.5 gram adsorbent mass and solution pH 7.34, with hemicellulose adsorbent capacity of 0.047 mg /g.

Keywords: Adsorbent, hemicellulose, rhodamine B, adsorption.

PENDAHULUAN

Zat warna sintesis yang biasanya digunakan oleh industri tekstil adalah Rhodamin B (Nurmasari *et al*, 2014). Limbah zat warna sintesis umumnya berupa senyawa organik *non-biodegradable*. Banyak metode yang digunakan untuk menanggulangi limbah tekstil ini antara lain flotasi (Suyasa, 2012), koagulasi (Manurung, 2011), elektrokoagulasi (Zaleschi, L. *et al.*, 2014), flokulasi (Yuliastri, 2010), filtrasi (Rosyida, 2011), oksidasi (Rohmah dkk, 2008), dan adsorpsi (Widjanarko dkk, 2006). Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menanggulangi limbah tekstil ini adalah adsorpsi. Metode adsorpsi sering digunakan karena metode ini cukup mudah dan tidak membutuhkan biaya yang mahal (Sakti, 2005). Penelitian menggunakan bahan alam sebagai adsorben telah banyak dilakukan diantaranya : bonggol jagung (Munawaroh, 2012), humin (Nurmasari, 2014), serta serabut kelapa dan ampas tebu (Widjanarko, 2006). Menurut Batubara (2002), kandungan senyawa aktif yang dimiliki oleh kayu adalah selulosa mayoritas 40%, lignin kurang dari 34%, dan hemiselulosa sekitar 23%. Penelitian dengan menggunakan adsorben selulosa (Asnawati, 2017) dan lignin (Wahyudi, 2017) sudah dilakukan namun belum ada penelitian dengan menggunakan adsorben hemiselulosa sehingga dilakukan penelitian dengan menggunakan senyawa aktif murni hemiselulosa sebagai adsorben .

Ada dua macam sistem pada proses adsorpsi yaitu sistem statis (batch) dan sistem dinamis (kontinyu/kolom). Proses adsorpsi pada sistem statis/batch adalah proses

adsorpsi di mana adsorben dicampurkan dengan larutan dengan jumlah yang tetap dan perubahan kualitasnya diamati dalam selang waktu tertentu (Khartikeyan, 2004). Metode adsorpsi pada sistem batch adalah metode yang paling umum dilakukan. Penelitian penggunaan sistem batch pada metode adsorpsi yaitu adsorpsi zat warna direct black 38 menggunakan kitosan berbasis limbah udang delta mahakam (Arifin dkk, 2012), pemanfaatan bonggol jagung sebagai adsorben rhodamin B dan *metanil yellow* (Munawaroh, 2012), dan kajian adsorpsi rhodamin B pada humin (Nurmasari *et al*, 2014).

Proses adsorpsi pada sistem dinamis (kontinyu/kolom) adalah proses adsorpsi di mana adsorben selalu dikontakkan dengan larutan segar dan dapat memberikan adsorpsi secara optimal sampai kondisi jenuh (Aksu, 2003). Kelebihan dari sistem dinamis yaitu sistem ini lebih berlaku untuk proses pengolahan limbah industri yang lebih nyata dan industri dalam skala besar sehingga sistem ini dapat diaplikasikan pada industri tersebut dengan diintegrasikan pada sistem alir (Meneghetti *et al*, 2010). Penelitian penggunaan sistem batch pada metode adsorpsi yaitu optimasi karakteristik karbon aktif pada sistem *adsorbed natural gas* dalam kondisi dinamis (Samid, 2011), pemanfaatan serbuk biji salak (*Salacca zalacca*) sebagai adsorben Cr (VI) dengan metode kolom (Aji & Kurniawan, 2012), dan optimasi parameter adsorpsi logam Pb oleh serbuk kayu pohon mangga (*Mangifera indica*) dalam sistem dinamis (Puspitasari, 2013).

Beberapa parameter khusus yang memengaruhi proses

adsorpsi yaitu berat molekul adsorben, struktur molekul, pH larutan efluen, luas permukaan adsorben, temperatur proses, jumlah adsorben, dan waktu kontak proses (Bath et al, 2012 dan Zheng et al, 2010). Kapasitas adsorpsi pada sistem dinamis dipengaruhi oleh laju alir influen, massa adsorben, pH (Meneghetti et al, 2010), waktu kontak (Wahyuni, 2013), konsentrasi efluen, dan volume efluen (Nwabanne dan Igbokwe, 2012). Parameter adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini yaitu massa adsorben hemiselulosa dan pH larutan influen. Berdasarkan pemaparan mengenai adsorpsi, adsorben hemiselulosa, dan sistem dinamis di atas maka dilakukan penelitian tentang optimalisasi adsorpsi hemiselulosa terhadap zat warna Rhodamin b pada sistem dinamis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, Laboratorium Kimia Fisik, dan Laboratorium Kimia Instrumen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, kolom vertikal dengan diameter 0,8 cm, 752N spektrophotometer lab equipment UV-Vis new N, pH meter tipe EAI pH 2011 CE, pipet mohr, pipet volume, pipet tetes, beaker gelas, gelas ukur, ball pipet, set alat infus, neraca analitik, labu ukur, botol semprot, buret, dan kaca arloji.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Hemiselulosa bentuk *fiber* (Sigma aldrich), Rhodamin B 95% (Merck), CH_3COONa (Merck), larutan CH_3COOH 99,7% (Merck), KH_2PO_4 99,0% (Merck), NaOH 99,996% (Merck), $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ 99,5-102,5% (Merck), dan akuades .

Preparasi Larutan

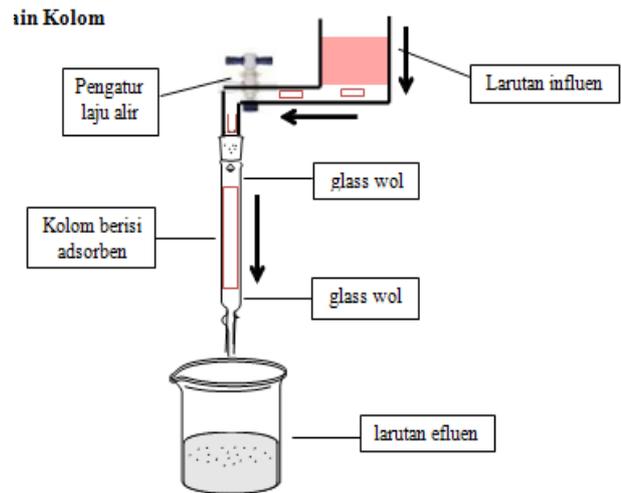
Larutan Rhodamin B 10 ppm dibuat dengan mengambil 25 mL larutan Rhodamin B 100 ppm dan diencerkan dengan akuades ke dalam labu ukur 250 mL sampai tanda batas. Pembuatan buffer pH 4 dan 5 dilakukan dengan mencampurkan larutan CH_3COOH 0,1 M dan larutan CH_3COONa 0,1 M. Pembuatan buffer pH 6, 7 dan 8 dilakukan dengan mencampurkan larutan KH_2PO_4 0,1 M dan larutan NaOH 0,1 M.

Pembuatan Kolom

Kolom dibuat dengan memasukkan sebanyak 0,1 gram glasswool ke bagian bawah kolom. Adsorben ditimbang dengan teliti sebanyak 0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g; dan 0,5 g. Adsorben dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam kolom menggunakan spatula dan dipadatkan dengan bantuan batang pengaduk panjang. Glasswool 0,1 gram dimasukkan lagi ke bagian atas kolom.

Penentuan Kecepatan Alir 0,08 mL/menit

Kecepatan alir ditentukan dengan mengalirkan akuades sebanyak 10 mL ke dalam kolom. Akuades yang keluar ditampung di dalam gelas ukur 10 mL dan dihitung kecepatan alirnya menggunakan stopwatch dalam 12 menit tiap 1 mL. Larutan yang dialirkan tiap 12 menit sebanyak ± 25 tetes. Langkah tersebut diulangi menggunakan larutan Rhodamin B.



Gambar 1. Set alat kerja

Penentuan Massa Adsorben Optimum

Penentuan massa adsorben optimum dilakukan dengan mengalirkan 500 mL larutan Rhodamin B 10 ppm ke dalam kolom yang berisi adsorben hemiselulosa masing-masing sebanyak 0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g; dan 0,5 g dengan kecepatan alir 0,08 mL/menit. Efluen ditampung setiap 50 mL dan absorbansi Rhodamin B pada efluen ditentukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Penentuan massa adsorben optimum dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Banyaknya jumlah Rhodamin B yang diserap oleh masing-masing massa adsorben hemiselulosa dihitung dari absorbansi yang dihasilkan, nantinya kapasitas adsorpsi variasi massa yang memiliki nilai tinggi dipilih sebagai massa adsorben optimum.

Penentuan pH Larutan Influen Optimum

Penentuan pH larutan influen dilakukan dengan mengalirkan larutan Rhodamin B 10 ppm masing-masing dengan pH 4, 5, 6, 7 dan 8 ke dalam kolom sebanyak 500 mL dengan kecepatan alir 0,08 mL/menit yang berisi adsorben hemiselulosa dengan massa adsorben optimum. Efluen ditampung setiap 50 mL dan absorbansi Rhodamin B pada efluen ditentukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Percobaan diulang sebanyak 3 kali untuk masing-masing variasi pH. Banyaknya jumlah Rhodamin B masing-masing pH larutan Rhodamin B yang diserap oleh adsorben hemiselulosa dihitung dari absorbansi yang dihasilkan. Kapasitas adsorpsi variasi pH yang memiliki nilai tinggi dipilih sebagai pH influen optimum.

Pengukuran Kapasitas Adsorpsi dari Adsorben

Pengukuran besarnya adsorpsi dilakukan dengan mengalirkan larutan Rhodamin B yang telah dikondisikan pada pH optimum ke dalam kolom yang telah berisi adsorben dengan massa adsorben optimum dengan kecepatan alir 0,08 mL/menit. Larutan Rhodamin B 10 ppm terlebih dahulu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Efluen ditampung (V_{eff}) dan diambil secara berkala setiap 50 mL. Absorbansi larutan Rhodamin B sebelum dan sesudah adsorpsi diukur dengan

spektrofotometer UV-Vis. Pengambilan efluen dihentikan bila absorbansi efluen sama dengan absorbansi yang dimiliki oleh larutan Rhodamin B 10 ppm karena akan menghasilkan keadaan jenuh sehingga adsorben tidak mampu mengadsorpsi Rhodamin B. Percobaan diulang 3 kali dengan menggunakan hemiselulosa yang baru. Kapasitas adsorpsi ditentukan dengan persamaan Thomas:

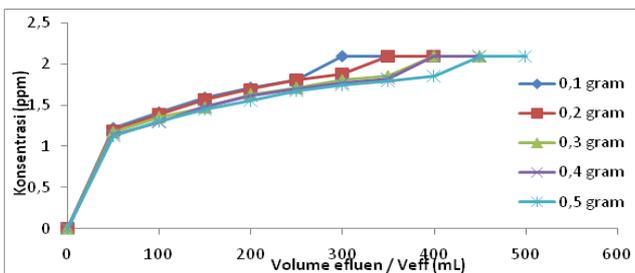
$$\ln\left(\frac{C_0}{C_e} - 1\right) = \frac{KTh q_0 M}{Q} - \frac{KTh C_0}{Q} V_{eff} \quad (1)$$

dimana C_e adalah konsentrasi efluen setelah melewati kolom adsorpsi (mg/L); C_0 adalah konsentrasi efluen sebelum adsorpsi; KTh adalah konstanta laju Thomas (L/mg/menit); q_0 adalah kapasitas adsorpsi (mg/g); Q adalah laju alir efluen (mL/menit), M adalah massa total adsorben (g); dan t adalah waktu (min) (Nwabanne dan Igbokwe, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

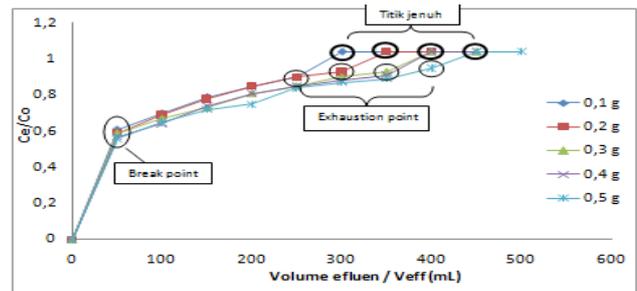
Massa Adsorben Optimum

Larutan Rhodamin B terus menerus mengalir pada kolom yang berisi adsorben hemiselulosa dengan massa adsorben 0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g; dan 0,5 g hingga mencapai titik jenuh. Titik jenuh tercapai saat adsorbat sudah tidak mampu diserap oleh adsorben yang ditandai dengan nilai absorbansi efluen sama dengan nilai absorbansi influen. Gambar 2 menunjukkan bahwa massa adsorben 0,5 gram memiliki volume efluen paling tinggi sebesar 450 mL. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar volume efluen yang dihasilkan maka larutan influen yang melewati kolom semakin banyak dan interaksi antara larutan Rhodamin B dengan adsorben hemiselulosa juga akan semakin banyak sehingga penyerapan adsorben akan semakin baik.



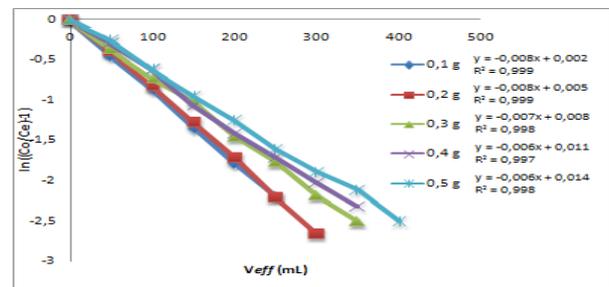
Gambar 2. Grafik volume efluen dengan nilai konsentrasi Rhodamin B 0,1 g, 0,2 g, 0,3 g, 0,4 g; dan 0,5 g

Kurva *breakthrough* pada gambar 3 dapat menjelaskan keadaan kolom saat mencapai *break point*, *exhaustion point*, dan titik jenuh. Titik *break point* yaitu titik di mana adsorben mulai mengadsorpsi adsorbat sehingga konsentrasi efluen mencapai 5% dari konsentrasi influen sedangkan titik *exhaustion point* yaitu titik dimana adsorben sudah optimum mengadsorpsi adsorbat sehingga konsentrasi efluen 95% dari konsentrasi influen. Titik jenuh yaitu titik di mana adsorben sudah tidak mampu mengadsorpsi adsorben sehingga konsentrasi efluen sama dengan konsentrasi influen.



Gambar 3. Kurva *breakthrough* pada optimasi massa adsorben hemiselulosa

Break point pada massa adsorben 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 gram tercapai pada volume efluen yang sama yaitu 50 mL, *exhaustion point* tercapai pada volume efluen 250; 300; 350; 350 dan 400 mL, dan adsorben mencapai titik jenuh pada volume efluen 300; 350; 400; 400 dan 450 mL, secara berurutan.



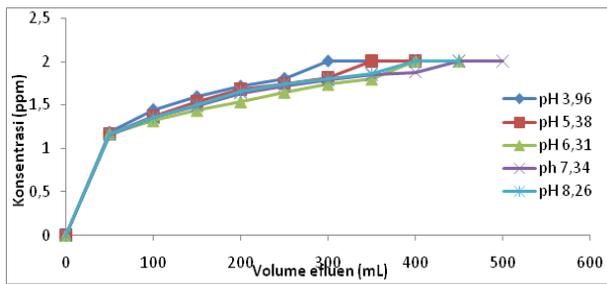
Gambar 4. Grafik volume efluen (V_{eff}) vs $\ln[(C_0/C_e)-1]$ dengan massa adsorben 0,1 g, 0,2 g, 0,3 g, 0,4 g, dan 0,5 g.

Persamaan grafik pada gambar 4 digunakan untuk memperoleh persamaan Thomas dan kapasitas adsorpsi masing-masing massa adsorben hemiselulosa. Banyaknya Rhodamin B yang diserap adsorben hemiselulosa oleh masing-masing massa adsorben 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 gram secara berurutan adalah 0,025; 0,031; 0,038; 0,045 dan 0,047 mg/g (mg Rhodamin B per g adsorben hemiselulosa). Massa adsorben optimum adalah massa adsorben 0,5 gram dengan kapasitas sebesar 0,047 mg/g digunakan untuk penelitian selanjutnya.

pH Larutan Influen Optimum

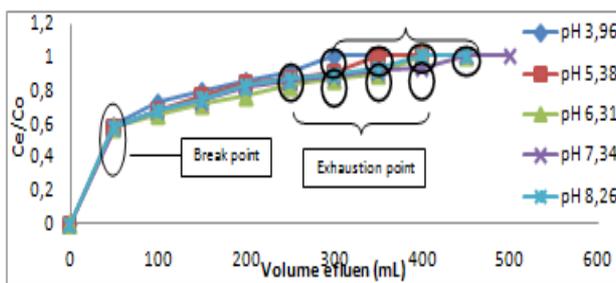
Penentuan pH larutan influen optimum dilakukan dengan mengalirkan larutan Rhodamin B dengan masing-masing pH 3,96; 5,38; 6,31; 7,34; dan 8,26 terus menerus pada kolom yang berisi adsorben hemiselulosa dengan massa adsorben 0,5 g hingga mencapai titik jenuh. pH larutan influen yang digunakan adalah pH larutan influen yang telah diukur pHnya menggunakan pHmeter setelah diberi larutan buffer pH 4 sampai 8. Gambar 5 menunjukkan hubungan antara konsentrasi efluen masing-masing pH dengan volume efluen di mana volume efluen paling besar dimiliki oleh larutan influen pH 7,34 sebanyak 450 mL. Rentang volume efluen paling panjang menunjukkan bahwa adsorben tersebut lebih banyak mengikat Rhodamin B sehingga pH paling baik dimiliki

oleh larutan influen pH 7,34 dibandingkan dengan pH yang lain.



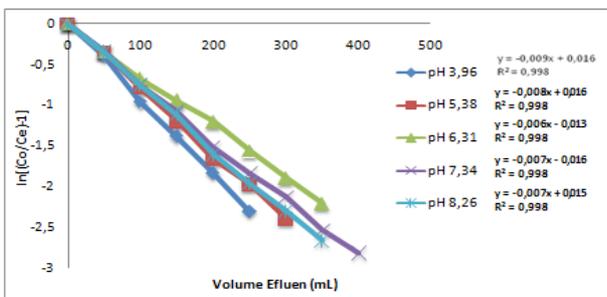
Gambar 5. Grafik volume efluen dengan nilai konsentrasi larutan influen pH 3,96; 5,38; 6,31; 7,34; dan 8,26

Kurva *breakthrough* pada penentuan variasi pH digunakan untuk menunjukkan rasio antara konsentrasi efluen dan konsentrasi influen (C_e/C_o) tiap pengambilan larutan influen 50 mL. *Break point* pada larutan influen pH 3,96; 5,38; 6,31; 7,34; dan 8,26 tercapai pada volume efluen yang sama yaitu 50 mL, *exhaustion point* tercapai pada volume efluen 250; 300; 350; 400 dan 350 mL dan mencapai titik jenuh pada volume efluen 300; 350; 400; 450 dan 450 mL. Kurva *breakthrough* pada variasi pH larutan influen dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Kurva breakthrough pada optimasi massa adsorben hemiselulosa

Konstanta persamaan Thomas dan nilai besarnya adsorpsi dapat diperoleh menggunakan grafik antara volume efluen sebagai sumbu x dan $\ln[(C_o/C_e)-1]$ sebagai sumbu y yang ditunjukkan pada gambar 7. Nilai besarnya adsorpsi masing-masing pH larutan influen 3,96; 5,38; 6,31; 7,34; dan 8,26 berturut-turut adalah 0,035 mg/g, 0,040 mg/g, 0,043 mg/g, 0,046 mg/g, dan 0,043 mg/g. Nilai kapasitas adsorpsi paling tinggi dimiliki oleh larutan influen pH 7,34 sebesar 0,046. mg/g.



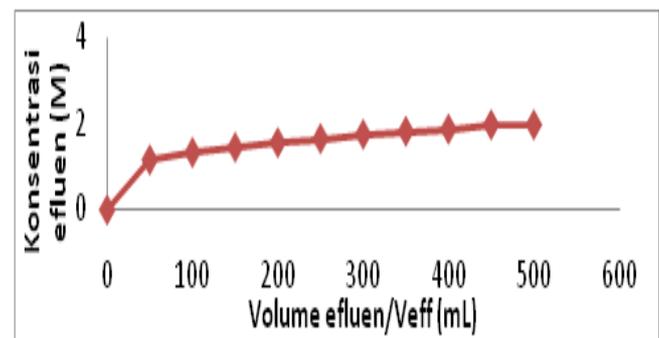
Gambar 7. Grafik volume efluen (V_{eff}) vs $\ln[(C_o/C_e)-1]$ pada larutan influen pH 3,96; 5,38; 6,31; 7,34; dan 8,26

Besarnya adsorpsi pada variasi pH larutan influen menurun pada pH rendah (asam) dan pH tinggi (basa). pH rendah (asam) akan membuat permukaan adsorben bermuatan positif dan pada pH ini di dalam larutan Rhodamin B terdapat kompetisi ion H^+ dari suasana asam dengan molekul Rhodamin B menempati titik adsorpsi sehingga terjadi tolakan elektrostatis antara permukaan adsorben dan kation Rhodamin B yang mengakibatkan kapasitas adsorpsi menurun (Zamouche dan Hamdaoui, 2012).

Menurut Beija (2009), Rhodamin B merupakan modifikasi gugus amino dan gugus karboksilat pewarna xanthene yang dapat membentuk *zwitterionic*. pH tinggi (basa) akan membuat permukaan adsorben bermuatan negatif dan terjadi pembentukan *zwitterionic* pada Rhodamin B yang memungkinkan meningkatkan terkumpulnya Rhodamin B membentuk molekul yang lebih besar sehingga membuat Rhodamin B tidak mampu masuk ke dalam pori adsorben. pH tinggi (basa) juga memungkinkan terjadinya repulsi antara muatan negatif pada adsorben dengan *zwitterionic* pada molekul Rhodamin B yang menyebabkan kapasitas adsorpsi menjadi menurun (Zamouche dan Hamdaoui, 2012).

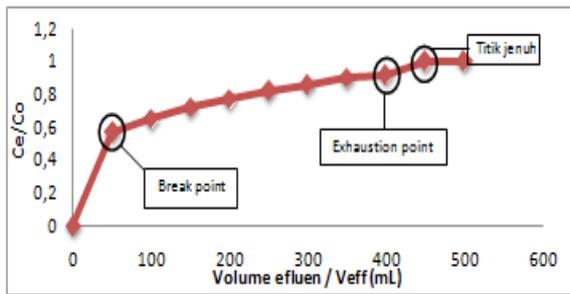
Kapasitas Adsorpsi Optimum Adsorben Hemiselulosa

Penentuan kapasitas adsorpsi optimum adsorben hemiselulosa ini menggunakan massa adsorben optimum dan larutan influen pH optimum. Adsorben hemiselulosa mencapai titik jenuh pada volume efluen 450 mL pada gambar 8. Volume efluen tersebut menunjukkan bahwa larutan influen yang melewati kolom sangat banyak dan rentang penyerapan adsorben terhadap larutan Rhodamin B lebih panjang sehingga interaksi antara larutan Rhodamin B dengan adsorben hemiselulosa semakin banyak.

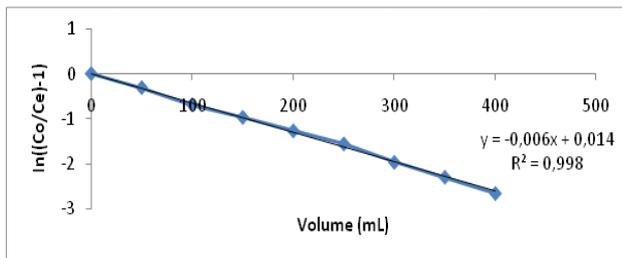


Gambar 8. Grafik volume efluen dengan konsentrasi efluen pada massa adsorben optimum dan pH larutan optimum

Kurva *breakthrough* digunakan dalam penentuan kapasitas adsorpsi optimum adsorben hemiselulosa seperti halnya penentuan massa adsorben optimum dan pH optimum larutan influen. Kurva *breakthrough* dapat dilihat pada gambar 9 yang menunjukkan bahwa *break point* tercapai pada volume efluen 50 mL, *exhaustion point* tercapai pada volume efluen 400 mL, dan mencapai titik jenuh pada volume efluen 450 mL.



Gambar 9. Kurva breakthrough pada penentuan kapasitas adsorpsi optimum



Gambar 10. Grafik volume efluen (V_{eff}) vs $\ln[(Co/Ce)-1]$ pada penentuan kapasitas adsorpsi optimum

Persamaan grafik pada gambar 10 digunakan untuk menentukan konstanta persamaan Thomas dan besarnya adsorpsi. Kapasitas adsorpsi Rhodamin B oleh adsorben hemiselulosa yaitu sebesar 0,047 mg/g pada massa adsorben optimum dan pH optimum.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah adsorpsi Rhodamin B semakin meningkat seiring dengan meningkatnya massa adsorben yang digunakan, adsorpsi Rhodamin B dengan variasi pH larutan influen cenderung semakin menurun pada pH asam dan pH basa, dan kapasitas optimum dengan menggunakan massa adsorben optimum 0,5 gram dan larutan influen pH optimum 7,34 adalah sebesar 0,047 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah memberikan sarana dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan kritik dan saran dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aji, B. K. dan Kurniawan, F. 2012. Pemanfaatan Serbuk Biji Salak (*Salacca zalacca*) Sebagai Adsorben Cr (VI) dengan Metode Batch dan Kolom. *Jurnal Sains Pomits*, 1 (1): 1-6.
- [2] Aksu, Z. dan Gonen, H. 2003. Biosorption of Phenol by Immobilized Activated Sludge in A Continuous Packed Bed: Prediction of Breakthrough Curves. *Process Biochem*, 39 (5): 599– 613.
- [3] Arifin, Z., Irawan D., Rahim, M., dan Ramantiya, F. 2012. Adsorpsi Zat Warna Direct Black 38

- Menggunakan Kitosan Berbasis Limbah Udang Delta Mahakam. *Sains dan Terapan Kimia*, 6 (1): 35-45.
- [4] Asnawati, A., Kharismaningrum, R. R., Andarini, N. 2017. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa Terhadap Rhodamin B dalam Sistem Dinamis. *Jurnal Kimia Riset*, 2 (1): 23-29.
- [5] Bath, D. S., Siregar, J. M., dan Lubis, M. T. 2012. Penggunaan Tanah Bentotit Sebagai Adsorben Logam Cu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1 (1): 1-4.
- [6] Batubara, R. S. 2002. Kayu dalam Kehidupan Manusia. *Jurnal Ilmu Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara*, 8 (3): 67-71.
- [7] Beija, M., Afonso, C.A. M., dan Martinho, J. M. G. 2009. Synthesis and Applications Of Rhodamine Derivatives As Fluorescent Probes. *Chemical Society Reviews*, 38 (2411): 2410-2433.
- [8] Karthikeyan, G., Anbalagan, K., Andal, N. M. 2004. Adsorption Dynamics And Equilibrium Studies Of Zn (II) Onto Chitosan. *Indian J Chem*. 116 (2): 119-127.
- [9] Manurung, M. 2011. Potensi Khitin/ Khitosan dari Kulit Udang Sebagai Biokoagulan Penjernih Air. *Jurnal Kimia*, 5 (2): 182-188.
- [10] Meneghetti, E., Baroni, P., dan Vieira, R. S. 2010. Dynamic Adsorption of Chromium Ions onto Natural and Crosslinked Chitosan Membranes for Wastewater Treatment. *Materials Res*, 13 (1): 422-425.
- [11] Munawaroh, I. 2012. Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Adsorben Rhodamin B Dan Metanil Yellow. *Skripsi*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- [12] Nurmasari, Astuti, Umaningrum, dan Khusnaria. 2014. Kajian Adsorpsi Rhodamin B pada Humin. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 6 (1): 203-210.
- [13] Nwabanne, J. T. & 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 (5): 106-115.
- [14] Puspitasari, M. 2013. Optimasi Parameter Adsorpsi Logam Pb Oleh Serbuk Kayu Pohon Mangga (*Mangifera indica*) dalam Sistem Dinamis. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- [15] Rohmah, N dan Sugiarto, A. T. 2008. Pengaruh pH dan Konsentrasi Zat Warna pada Penguraian Zat Warna Remazol Navy Blue Scarlet dengan Teknologi AOP. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin Bidang Teknik Kimia dan Tekstil*. Pp. B39-B43.
- [16] Rosyida, A. 2011. Bottom ash Limbah Batubara sebagai Media Filter yang Efektif pada Pengolahan Limbah Cair Tekstil. *Jurnal Rekayasa Proses*, 5 (2): 56-61.
- [17] Sakti, S. A. 2005. *Instalasi Pengolahan Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- [18] Samid, D. D. 2011. Optimasi Karakteristik Karbon Aktif Pada Sistem Adsorbed Natural Gas dalam Kondisi Dinamis. *Tesis*. Depok: Universitas Indonesia.
- [19] Suyasa, I. W. B., Suprihatin, I. E., dan Sugianthi, I. G. A. K. R. 2012. Pengolahan Air Limbah Pembangkit Listrik PT Indonesia Power dengan Metode Flotasi dan Biofiltrasi Saringan Pasir Tanaman. *Jurnal Kimia*, 6 (1): 62-71.

- [20] Wahyudi, A. 2017. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Lignin Terhadap Rhodamin B dalam Sistem Dinamis. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- [21] Widjanarko, Widianoro, Soetaredjo, dan Ismadji. 2006. Kinetika Adsorben Zat Warna Congo Red dan Rhodamin B dengan Menggunakan Serabut Kelapa dan Tebu. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 5 (3): 461-468.
- [22] Yuliastri, I. R. 2010. Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan dan Flokulan dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah. *Skripsi*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- [23] Zaleschi, L., Secula, M.S., Teodosiu, C. et al. 2014. Removal of Rhodamine 6G from Aqueous Effluents by Electrocoagulation in a Batch Reactor: Assessment of Operational Parameters and Process Mechanism *Water Air Soil Pollution*. 225: 2101
- [24] Zamouche, M dan Hamdaoui, O. 2012. Sorption of Rhodamin B by Cedar Cone: Effect of pH dan Ionic Strength. *Energy Procedia*, 18 (2012): 1228-1239.
- [25] Zheng, Li, Zhu, Kuang, Xu, dan Ma. 2010. Cryfish Carapea Micro-powder (CCM): A novel and Efficient Adsorbent for Heavy Metal Ion Removal from Wastewater. *Water*, 2 (2): 257-272