

PENGARUH AKTIVASI DAN MASSA PADA KARBON ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) TERHADAP KEMAMPUAN DEGRADASI METHYLENE BLUE

Mukhammad Nurhadi^{1,2*}, Gita Ahzari Oktaviani¹, Hesti Kusumawati¹, Nurul Hidayah¹

¹Program Studi Sarjana Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

²Program Studi Magister Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

* Nurhadi1969@yahoo.co.id

ABSTRAK

Karbon teraktivasi sebagai adsorben berhasil dibuat dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Langkah persiapan melibatkan karbonasi serbuk eceng gondok pada suhu 600°C selama 1 jam, diikuti oleh proses aktivasi karbon dengan kontak menggunakan asam nitrat pekat dan asam klorida pekat selama 3 jam. Proses karbonasi dilakukan untuk mengubah serbuk eceng gondok menjadi karbon. Studi adsorpsi menggunakan pewarna metil biru juga dilakukan dengan memvariasikan massa dan waktu kontak. Proses aktivasi menggunakan beberapa zat yaitu asam nitrat pekat (HNO₃) dan asam klorida pekat (HCl), menggunakan variasi massa 0,100gr, 0,125gr, 0,150gr, dan 0,200gr, serta variasi waktu kontak yaitu 10 menit, 20 menit, 30 menit, 60 menit, 120 menit, 240 menit, 480 menit dan 720 menit. Perhitungan daya adsorpsi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan memantau perubahan absorbansi pada 660 nm. Berdasarkan hasil, ditunjukkan bahwa konsentrasi adsorpsi dapat mempengaruhi daya adsorpsi metilen biru. Kapasitas adsorpsi maksimum adalah 99,9% ketika digunakan EGM-HCl200 sebagai adsorben.

Kata kunci: eceng gondok, metil biru, adsorpsi, nitrase, halogenasi.

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan yang pokok bagi manusia, tetapi saat ini sangat sulit untuk menemukan air bersih khususnya di kota-kota besar karena terkontaminasi dengan logam-logam berat yang dapat berbahaya bagi tubuh manusia, contohnya yaitu Pb, Zn, Cd, Ni, dan Cu (Ilmi Maulliful, M, 2017.). Logam-logam tersebut adalah limbah-limbah dari industri yang menyebabkan air di sungai menjadi berwarna pekat. Limbah yang tidak ditangani dengan baik dapat menyebabkan rusaknya lingkungan air dan makhluk hidup yang berada disekitarnya. Cara umum yang biasa digunakan dalam penanganan limbah air ini dibagi dengan beberapa cara yaitu dengan cara fisika, kimia dan cara biologi, seperti adsorpsi, ozonisasi, dan lain-lain. Dari beberapa cara diatas, adsorpsi adalah cara yang biasa digunakan dalam beberapa tahun ini dengan tingkat keberhasilan tinggi (Sivaraj Rajeshwari, 2010.). Indonesia adalah suatu negara dengan kekayaan hayati yang sangat melimpah baik itu bahan organik dan anorganik, salah satunya adalah eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*). *Eichhornia Crassipes* merupakan tumbuhan yang belum banyak di manfaatkan sehingga potensinya masih sangat besar untuk di kembangkan. Kandungan kimia dari *Eichhornia Crassipes* adalah 60%

selulosa, 8% hemiselulosa, dan 17% lignin (Mustari, S. et.al. 2017.). Karbon aktif adalah salah satu contoh adsorben umumnya digunakan dalam proses adsorpsi yang dapat menyerap zat – zat sintetik dalam penanganan limbah perairan (Nurhadi, M, 2017.).

Lebih dari 10.000 pewarna umumnya digunakan dalam produksi kertas, tekstil, plastik, kain, kosmetik, dan makanan, yang menyebabkan banyaknya limbah-limbah perairan dalam tiap tahunnya. Limbah – limbah ini dapat menyebabkan banyak permasalahan seperti menambah racun dalam air, mengurangi oksigen dalam air, serta menghalangi cahaya matahari untuk masuk kedalam air sebagai syarat dalam proses fotosintesis (Wanyonyi Chisutia, et.al. 2013). Metilen Blue (MB) adalah pewarna dasar pada umumnya digunakan sebagai pewarna pada plastik, kain, yang digunakan dalam industri. Pewarna ini memiliki struktur senyawa aromatik kompleks yang sulit untuk di putuskan ikatannya sebagai limbah perairan, hal ini yang menyebabkan penanganan limbah seperti ini menjadi perhatian khusus di daerah perkotaan (Kumar Senhil, P. et.al. 2010.). Dalam penelitian ini kemampuan adsorpsi dari karbon aktif eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) dengan aktivasi asam klorida (HCl) dan asam nitrat (HNO₃) diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

METODE PENELITIAN

Penyiapan bahan mentah

Tanaman enceng gondok diambil dari kolam sekitar kampus Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Mulawarman. Tanaman enceng gondok dibersihkan kemudian dipisahkan bagian batang, daun dan akar. Dalam penelitian ini bagian batang enceng gondok yang dijadikan bahan mentah. Batang selanjutnya di potong-potong lalu di jemur dan di oven.

Karbonasi

Potongan batang eceng gondok yang sudah kering dikarbonisasi dalam muffle furnace merk VULCANTM 3–550. Pengkarbonan dilakukan pada suhu 600 °C selama 1 jam.

Aktivasi

Proses aktivasi pada serbuk karbon eceng gondok dilakukan dengan menambah asam klorida dan asam nitrat dengan konsentrasi masing-masing 18 M untuk setiap 3 gram serbuk eceng gondok, selanjutnya di aduk menggunakan magnetic stirrer selama 3 jam. Karbon aktif yang telah diaktivasi kemudian disaring dan dicuci bersih dengan aquades sampai pH = 7 (netral). Selanjutnya karbon aktif disimpan ke dalam wadah yang bersih dan kering serta diberi label.

Uji kemampuan adsorpsi

Uji kemampuan adsorpsi sampel dilakukan dengan mencampur sampel dengan 25 ml larutan pewarna metilen biru dalam gelas 100 ml pada suhu kamar selama 10, 20, 30, 60, 120, 240, 480, dan 720 menit. Setelah uji adsorpsi, sisa adsorben padat dipisahkan dari filtrat menggunakan kertas saring. residu pewarna dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan memantau perubahan absorbansi pada 660 nm. Pengaruh massa sampel terhadap adsorpsi untuk persentase teradsorpsi dan kapasitas penyerapan pewarna tiap unit karbon aktif diselidiki dengan memvariasikan massa adsorben sebesar 0,1 g; 0,125 g; 0,15 g; 0,2 g.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh waktu kontak

Gambar 1 menunjukkan pengaruh dari waktu kontak terhadap persen teradsorpsi EGM-HCl dengan massa 0,1 gr, 0,125 gr, 0,15 gr, dan 0,2 gr. Gambar tersebut menunjukkan keadaan pada proses adsorpsi karbon aktif eceng gondok (*Eichornia Crassipes*)

dimana untuk EGM-HCl100 tidak mengalami kenaikan yang signifikan pada proses adsorbansinya setelah 480 menit dengan tingkat absorbansi 92,02%, EGM-HCl125 dan EGM-HCl150 tidak mengalami kenaikan yang signifikan pada proses adsorbansinya setelah 240 menit dengan tingkat absorbansi 96,18% dan 98,95%, EGM-HCl200 tidak mengalami kenaikan yang signifikan setelah 60 menit dengan tingkat absorbansi 99,22%.

Gambar 2 menunjukkan bahwa pengaruh dari waktu kontak terhadap persen teradsorpsi EGM-HNO₃ dengan massa 0,1 gr, 0,125 gr, 0,15 gr, dan 0,2 gr. Gambar tersebut menunjukkan keadaan pada proses adsorbansi karbon aktif eceng gondok (*EichorniaCrassipes*) dimana untuk EGM-HNO₃100 dan EGM-HNO₃125 tidak mengalami kenaikan yang signifikan pada proses adsorbansinya setelah 480 menit dengan tingkat absorbansi 98,67% dan 99,21%, EGM-HNO₃150 tidak mengalami kenaikan yang signifikan pada proses adsorbansinya setelah 240 menit dengan tingkat absorbansi 99,22%, EGM-HNO₃200 tidak mengalami kenaikan yang signifikan setelah 60 menit dengan tingkat absorbansi 99,24%.

Dari data tersebut terlihat bahwa setelah mencapai waktu optimum, kemampuan adsorpsi relatif tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu interaksi. Hal ini dikarenakan adsorben tidak mampu lagi menyerap methylene blue dan telah mencapai kesetimbangan serta diikuti dengan jenuhnya permukaan adsorben.

Adsorpsi secara kinetik

Proses adsorpsi secara kinetik ditentukan dengan persamaan pseudo ordo satu dan pseudo ordo dua. Persamaan pseudo ordo satu dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_{e,cal} - \frac{k_{1,ad}}{2.303} t$$

dimana k_1 (g/mg.h) adalah tingkat konstanta adsorpsi dari reaksi orde satu, q_e dan q_t adalah jumlah zat warna teradsorpsi per gram adsorben (mg/g) pada kesetimbangan dan waktu tertentu. Grafik t versus $\log(q_e - q_t)$ digunakan untuk menentukan $q_{e,cal}$ dari gradien dan k_1 dari intersep.

Persamaan pseudo ordo dua dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_{e,cal}^2} + \frac{1}{q_{e,cal}}$$

dimana k_1 (g/mg.h) adalah tingkat konstanta adsorpsi dari reaksi orde dua. Grafik t versus t/q_t digunakan

untuk menentukan q_e , q_{cal} dari gradien dan k_1 dari intersep.

Grafik pseudo ordo satu dan pseudo ordo dua untuk EGM-HCl dan EGM-HNO₃ dalam mengadsorpsi pewarna methylene blue ditunjukkan pada gambar 3-6. k dan q_e , q_{cal} ditentukan oleh kemiringan dan intersep grafik. Nilai k , q_e , q_{cal} , dan R^2 dapat dilihat di tabel 1-2. Nilai R^2 untuk pseudo ordo satu dari EGM-HCl dengan massa 0,1 gr, 0,125 gr, 0,15 gr, dan 0,2 gr secara berturut-turut adalah 0,6185, 0,5890, 0,9832, dan 0,9124. Nilai R^2 untuk pseudo ordo satu dari EGM-HNO₃ dengan massa 0,1 gr, 0,125 gr, 0,15 gr, dan 0,2 gr secara berturut-turut adalah 0,6677, 0,7713, 0,8989, dan 0,8145. Nilai R^2 untuk pseudo ordo dua dari EGM-HCl dengan massa 0,1 gr, 0,125 gr, 0,15 gr, dan 0,2 gr secara berturut-turut adalah 0,9996, 0,9997, 1,0000, dan 1,000. Nilai R^2 untuk pseudo ordo dua dari EGM-HNO₃ dengan massa 0,1 gr, 0,125 gr, 0,15 gr, dan 0,2 gr secara berturut-turut adalah 0,9996, 0,9995, 0,9999, dan 1,000. Dari data tersebut terlihat nilai R^2 untuk pseudo ordo satu pada EGM-HCl dan EGM-HNO₃ secara keseluruhan lebih rendah dibandingkan nilai R^2 untuk pseudo ordo dua pada EGM-HCl dan EGM-HNO₃ sebesar 0,9995 hingga 1,000 yang terlihat lebih akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaksi adsorpsi tidak mengikuti proses kinetika reaksi pseudo ordo satu.

Di samping itu, nilai q_e , q_{cal} dan q_e , q_{exp} dapat digunakan untuk menentukan reaksi kinetika adsorpsi. Nilai q_e , q_{cal} untuk pseudo ordo dua dari EGM-HCl dengan massa 0,1 gr, 0,125 gr, 0,15 gr, dan 0,2 gr secara berturut-turut adalah 23,5294 mg/g, 19,8413 mg/g, 16,6667 mg/g, dan 12,5000 mg/g. Nilai q_e , q_{exp} untuk pseudo ordo dua dari EGM-HCl dengan massa 0,1 gr, 0,125 gr, 0,15 gr, dan 0,2 gr secara berturut-turut adalah 23,4885 mg/g, 19,7369 mg/g, 16,6185 mg/g, dan 12,4884 mg/g. Nilai q_e , q_{cal} untuk pseudo ordo dua dari EGM-HNO₃ dengan massa 0,1 gr, 0,125 gr, 0,15 gr, dan 0,2 gr secara berturut-turut adalah 25,1256 mg/g, 20,1207 mg/g, 16,7785 mg/g, dan 12,4844 mg/g. Nilai q_e , q_{exp} untuk pseudo ordo dua dari EGM-HNO₃ dengan massa 0,1 gr, 0,125 gr, 0,15 gr, dan 0,2 gr secara berturut-turut adalah 24,9065 mg/g, 19,9305 mg/g, 16,6272 mg/g, dan 12,4835 mg/g. Dari data terlihat bahwa perbedaan q_e , q_{cal} dan q_e , q_{exp} untuk EGM-HCl dan EGM-HNO₃ pada pseudo ordo dua lebih rendah dibandingkan pada pseudo ordo satu. Dengan nilai R^2 pada pseudo ordo dua sangat akurat ($R^2 \sim 1,000$) dan perbedaan q_e , q_{cal} dan q_e , q_{exp} rendah, dapat disimpulkan bahwa reaksi adsorpsi pewarna methylene blue dengan adsorban EGM-HCl dan EGM-HNO₃ mengikuti proses kinetika reaksi pseudo ordo dua.

Pengaruh massa adsorben

Gambar 7 menunjukkan pengaruh massa adsorben terhadap q_e , q_{cal} (mg/g). kuantitas adsorben yang digunakan dalam adsorpsi adalah penting untuk menentukan jumlah pewarna yang diadsorpsi per gram adsorben. Jumlah pewarna yang diadsorpsi per gram adsorben menurun ketika massa adsorben meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa situs aktif adsorben lebih efektif pada rasio rendah adsorben. Jika rasio adsorben tinggi akan menyebabkan banyak situs aktif yang tersisa ditutupi oleh adsorben, sehingga menyebabkan penyerapan pewarna methylene blue menjadi rendah.

Pengaruh aktivasi HCl dan HNO₃

Aktivasi dengan perlakuan asam menyebabkan terjadinya dealuminasi dan dekarbonasi. Aktivasi dengan HCl dan HNO₃ menyebabkan terjadinya dealuminasi dan dekarbonasi yaitu keluarnya Al dan kation-kation (Mn^{+}) dalam kerangka menjadi Al dan kation-kation non kerangka. Terjadinya proses dealuminasi akan menyebabkan bertambahnya luas permukaan eceng gondok karena berkurangnya logam pengotor yang menutupi pori-pori eceng gondok. Dengan bertambahnya luas permukaan tersebut maka akan mengakibatkan proses penyerapan yang terjadi semakin besar. Semakin banyak dealuminasi yang terjadi dan pengotor dalam pori eceng gondok yang hilang maka permukaan semakin bersih dan luas.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Setyadi mengenai aktivasi karbon dengan penambahan asam dapat menyebabkan perubahan sifat kimia permukaan dari karbon aktif. Penambahan asam menyebabkan karbon kehilangan elektron dan menjadi bermuatan positif sehingga karbon akan menarik anion seperti molekul oksigen dan membentuk gugus oksida.

Penambahan HNO₃ yang merupakan oksidator kuat akan mengoksidasi atom karbon sehingga karbon kehilangan elektron dan menjadi lebih bermuatan positif dan mengikat oksigen yang berasal dari HNO₃ dan air. HCl bukanlah oksidator sehingga molekul oksigen yang terikat pada permukaan karbon berasal dari pelarutnya saja, yaitu air. Karbon dengan aktivasi HNO₃ membentuk gugus oksida lebih banyak dibandingkan karbon dengan aktivasi HCl.

Pada tabel 3 terlihat bahwa jumlah zat warna teradsorpsi per gram adsorban, q_e , q_{cal} , karbon teraktivasi HNO₃ lebih besar dibandingkan karbon teraktivasi HCl. Hal ini dikarenakan karbon teraktivasi HNO₃ lebih bermuatan positif sehingga mengadsorpsi methylene blue lebih banyak dibandingkan karbon teraktivasi HCl. Meskipun demikian, karbon teraktivasi HCl mengadsorpsi methylene blue lebih cepat

dibandingkan karbon teraktivasi HNO_3 , terlihat dari Tingkat konstanta adsorpsi reaksi orde dua, k_2 , karbon teraktivasi HCl lebih besar dibandingkan karbon teraktivasi HNO_3 . Hal ini dikarenakan Karbon dengan aktivasi HNO_3 membentuk lebih banyak gugus oksida sehingga menimbulkan halangan sterik yang lebih besar dalam adsorpsi.

KESIMPULAN

Treatment dengan proses aktivasi karbon aktif dapat menyebabkan perubahan pada sifat kimia permukaan karbon aktif, antara lain:

1. Pengaruh waktu kontak terhadap persen teradsorpsi HCL dan HNO_3 disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah massa maka semakin sedikit waktu yang diperlukan untuk mengadsorpsi, hal ini dikarenakan adsorben tidak mampu lagi menyerap methylene blue dan telah mencapai kesetimbangan serta diikuti dengan jenuhnya permukaan adsorben.
2. Reaksi adsorpsi pewarna methylene blue dengan adsorben EGM-HCl dan EGM- HNO_3 mengikuti proses kinetika reaksi pseudo ordo dua.
3. Massa adsorben yang tinggi menyebabkan situs aktif yang tersisa ditutupi oleh situs aktif adsorben sehingga adsorpsi methylene blue semakin rendah.
4. Pengaruh Aktivasi HCl dan HNO_3 disimpulkan bahwa karbon dengan aktivasi HCl mengadsorpsi lebih cepat, sedangkan karbon dengan aktivasi HNO_3 mengadsorpsi lebih banyak.

SIMPULAN

- Ilmi Maulliful, M .et. al. 2017. Optimasi Penggunaan Biosorbent Berbasis Biomassa: Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Luas Permukaan Karbon Aktif Berbahan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Untuk Meningkatkan Kualitas Air . Departemen Kimia FMIPA Keputih, ITS. Surabaya.Vol. 06
- Kumar Senhil, P. et.al. 2011. Removal of methylene blue dye from aqueous solution by activated carbon prepared from cashew nut shell as a new low-cost adsorbent. *Korean J. Chem. Eng.*,28(1):149-155
- Mustari, S. et.al 2017. Analisa Sifat Adsorpsi Logam Berat Pada Eceng Gondok Dalam Pengelolaan Air Limbah Elektroplating. Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran. Sumedang. Vol.07, No. 01
- Nurhadi, M. et.al.2018. Kinetic adsorption process of sulfonated carbon-derived from *Eichhornia crassipes* in the adsorption of methylene blue dye from aqueous solution.Department of Chemical Education, Universitas Mulawarman, Kampus Gunung Kelua. Samarinda
- Sivaraj Rajeshwari . et. al.2010. Activated Carbon Prepared From *Eichornia Crassipes* As An Adsorbent For The Removal Of Dyes From Aqueous Solution. Department of Biotechnology, Karpagam University.India.Vol. 2.6
- Wanyonyi Chisutia, et.al. 2013. Adsorption of Methylene Blue Dye from Aqueous Solutions Using *Eichhornia crassipes*. Springer Science+Business Media. New York.