

Pemanfaatan Sabut Siwalan untuk Pembuatan Karbon Aktif sebagai Adsorben Limbah Pewarna Industri Batik

The Use of Siwalan (Palmyra Palm) Fiber for Manufacturing Activated Carbon as the Adsorbent Dye Waste of Batik Industry

Heriono dan Rusmini*

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

Jln. Ketintang Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik karbon aktif sabut siwalan sebagai adsorben, pengaruh massa dan waktu interaksi terhadap kemampuan adsorpsi rhodamin B. Variasi massa karbon aktif sabut siwalan terhadap adsorpsi rhodamin B pada berbagai variasi massa yaitu 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 gram dengan lama waktu interaksi 90 menit dan berbagai variasi waktu yaitu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit dengan massa adsorben 0,3 gram. Penelitian dilakukan pada dua tahap. Tahap pertama pembuatan karbon aktif dari sabut siwalan. Hasil penelitian tahap pertama menunjukkan bahwa kandungan air dan abu pada karbon aktif sabut siwalan secara berturut-turut adalah 3,0622% dan 9,1429%. Hasil surface area analyzer menunjukkan luas permukaan dan rerata jari-jari pori berturut-turut sebesar 3,160 m²/g dan 3,199Å. Penelitian tahap kedua menguji aktivitas karbon aktif dari sabut siwalan dengan rhodamin B pada variasi massa dan waktu interaksi menunjukkan variasi massa berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi rhodamin B, waktu kontak optimum pada massa 0,3 gram dengan hasil rhodamin B teradsorp 67,59%. Selain itu, variasi waktu juga berpengaruh pada kemampuan mengadsorpsi rhodamin B, waktu kontak optimum pada waktu 90 menit dengan hasil rhodamin B teradsorp 58,95%.

Kata kunci: adsorpsi, karbon aktif, rhodamin B, sabut siwalan

ABSTRACT

This study aimed to analyze the characteristic of activated carbon made from siwalan (palmyra palm) fiber as adsorbent, the effect of the addition of various mass of siwalan fiber and interaction time to the adsorption ability of rhodamine B. The various mass of siwalan fiber used were 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; and 0.5 grams with interaction time 90 minutes. In addition, various of interaction time were used, namely 30, 60, 90, 120 and 150 minutes with mass of adsorbent 0,3 grams. The study was conducted in two stages. The first stage was making activated carbon from siwalan fiber. The first phase result showed that the content of water and ash in the activated carbon from siwalan fiber were 3.0622% and 9.1429% respectively. The results of surface area analyzer showed that surface area and average pore radius were 3.160 m²/g and 3.199Å respectively. The second phase testing the activity of activated carbon from siwalan fiber with rhodamine B in the variation of mass and interaction time result showed a mass 0.3 grams with the result of adsorbent rhodamine B was 67.59%. In addition, the time variation also affected the ability to adsorb rhodamine B. The optimum contact time of 90 minutes with result of adsorbent rhodamine B was 58,95%.

Key words: adsorption, activated carbon, rhodamine B, siwalan fiber

* Alamat Korespondensi:

surel: Rusmini@unesa.ac.id

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan menjadi salah satu pusat perhatian masyarakat luas. Salah satu jenis pencemaran lingkungan adalah pencemaran air. Air merupakan komponen lingkungan yang sangat penting dalam kehidupan dan merupakan kebutuhan pokok makhluk hidup. Pencemaran air salah satunya disebabkan oleh zat warna dari industri batik (Achmad, 2004). Industri batik melepaskan 70–80% zat warna dari proses pencelupan warnanya.

Industri batik merupakan salah satu industri yang sedang berkembang di Indonesia salah satunya di kabupaten Tuban. Berkembangnya industri batik tidak hanya memberikan dampak positif tapi juga dampak negatif. Dampak positif industri batik ditandai dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi masyarakat disekitarnya, sementara itu dampak negatif yang ditimbulkan berupa pencemaran lingkungan.

Beberapa metode telah dilakukan untuk menanggulangi masalah pencemaran akibat limbah zat warna, antara lain dengan metode adsorpsi, koagulasi, biodegradasi dan fotodegradasi (Surya, 2006). Adsorpsi merupakan metode yang paling aktif untuk menanggulangi pencemaran limbah zat warna karena selain mudah dilakukan, efektifitasnya tinggi dan biaya yang diperlukan juga rendah. Salah satu jenis adsorben adalah karbon aktif. Karbon aktif adalah karbon yang telah diproses melalui tiga tahapan yaitu, dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi sehingga mempunyai daya adsorpsi yang tinggi terhadap warna, bau, zat-zat beracun dan zat kimia lainnya seperti zat pewarna (Amanah, 2010).

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 80-95% karbon yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Aktivasi dapat dilakukan dengan bahan-bahan kimia atau pemanasan pada suhu tinggi. Melalui proses aktivasi mengakibatkan diameter pori-pori karbon akan semakin besar. Hal ini akan meningkatkan kemampuan adsorpsi dari karbon aktif. Jenis aktivator bahan kimia yang digunakan antara lain H_2SO_4 , HCl, H_3PO_4 dan $ZnCl_2$ (Sembiring & Sinaga, 2003).

Karakteristik karbon aktif pada dasarnya meliputi sifat adsorpsi dan sifat fisiknya yang meliputi total *surface area*, *partikel density*, *effective size*. Di lain pihak, sifat kimia dari permukaan (*surface* dan *activated site*) sangat menentukan terjadinya proses adsorpsi, yaitu cenderung untuk lebih mudah mengikat partikel yang mempunyai sifat yang sejenis, kapasitas adsorpsi dari karbon aktif tergantung pada luas permukaan, sementara itu ukuran diameter pori memengaruhi proses adsorpsi, untuk itu diperlukan kualitas yang baik untuk pembuatan karbon aktif (Wijayanti, 2009).

Karbon aktif dapat dibuat dari sabut siwalan karena komposisi sabut ini mengandung 89,2%

selulosa, 5,4% air, 3,1% karbohidrat, dan 2,3% abu (Dewati, 2010). Adanya kandungan selulosa yang sangat tinggi, maka sabut siwalan dapat digunakan sebagai bahan pembuatan karbon aktif untuk menyerap zat warna (Purnama & Setiati, 2014).

Tanaman siwalan tumbuh subur di daerah yang banyak mendapatkan sinar matahari, misalnya di daerah pantai, termasuk di daerah Tuban. Sampai saat ini pemanfaatan tanaman siwalan hanya terbatas pada buah dan batangnya saja, sedangkan sabut atau kulitnya merupakan limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal.

Beberapa penelitian tentang pemanfaatan sabut siwalan telah dilakukan. Pada penelitian Rahmawati (2013) memanfaatkan sabut siwalan untuk adsorpsi ion Pb. Penelitian lain dilakukan oleh Dewanti (2010) tentang pemanfaatan sabut siwalan sebagai bahan pembuatan asam oksalat dengan oksidator H_2O_2 . Dalam penelitian ini pemanfaatan sabut siwalan digunakan sebagai bahan pembuat karbon aktif dengan aktivator $ZnCl_2$. Menurut Rodriguez (1995) selama proses perendaman menggunakan zat pendehidrasi $ZnCl_2$ terjadi proses (*swilling*) partikel-partikel karbon sehingga membentuk pori.

Pada pengujian aktivitas karbon aktif dari sabut siwalan dilakukan uji dengan massa yang digunakan adalah 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 gram dengan lama waktu interaksi 90 menit sedangkan pada variasi waktu interaksi yang digunakan adalah 30, 60, 90, 120, dan 150 menit dengan massa adsorben 0,3 gram. Limbah pewarna yang digunakan diambil dari selokan di sebuah desa centra batik dituban. Limbah pewarna tersebut dianalisis kandungan rhodamin B.

MATERI DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif sabut siwalan, serbuk $ZnCl_2$, sampel limbah batik, akuades, HCl, dietil eter, NaOH, ammonia, dan etanol. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas kimia 100 ml; 250 ml; 1000 ml, labu ukur 50 ml; 100 ml; 1000 ml; kertas saring, pipet tetes, eksikator, tanur, krus, gelas ukur 10 ml; 25 ml, ayakan 100 mesh, corong, corong pisah, kaca alroji, spektrometri UV-Vis dan *Surface Area Analyzer* (SAA).

PROSEDUR PENELITIAN

Karbon aktif sabut siwalan dibuat melalui proses dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Dehidrasi: sabut siwalan dijemur di bawah sinar matahari agar kandungan air yang berada dalam sabut siwalan dapat dihilangkan sehingga tidak mengganggu proses pembuatan karbon. Karbonisasi: bahan

baku sabut siwalan dimasukkan ke dalam cawan, kemudian dipanaskan dalam tanur pada suhu 300°C selama 1 jam. Karbon yang diperoleh didinginkan, digiling dan diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh. Aktivasi: proses perendaman menggunakan zat aktivator. Pada penelitian ini zat aktivator yang digunakan adalah $ZnCl_2$. Sebanyak 50 gram karbon direndam dalam 500 ml larutan $ZnCl_2$ 9% selama 16 jam. Karbon aktif yang dihasilkan dicuci dengan akuades untuk menghilangkan pengotor. Kemudian dikeringkan dengan pemanasan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Karbon aktif siap untuk digunakan untuk proses adsorpsi.

Karbon aktif yang dihasilkan dikarakterisasi berdasarkan kadar air, kadar abu, bentuk permukaan dan pori-pori karbon aktif. Pengukuran kadar air: sebanyak satu gram karbon aktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam kaca alroji yang telah diketahui beratnya. Kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Setelah itu, didinginkan dalam eksikator dan selanjutnya ditimbang sampai berat tetap. Kadar air dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ kadar air} = \frac{\text{berat sebelum} - \text{sesudah dikeringkan}}{\text{berat sebelum dikeringkan}} \times 100\%$$

Pengukuran kadar abu: sebanyak satu gram karbon aktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam krus yang telah diketahui beratnya. Kemudian ditempatkan dalam tanur listrik pada suhu 600°C selama 1 jam setelah itu didinginkan dalam eksikator selama 1 jam. Selanjutnya ditimbang sampai berat tetap. Kadar abu dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel kering}} \times 100\%$$

Pengamatan bentuk permukaan dan pori-pori karbon aktif dilakukan dengan menggunakan *Surface Area Analyzer* (SAA) untuk mengetahui luas permukaan spesifik dan rerata jari-jari pori yang terdapat pada karbon aktif sabut siwalan.

Tahap pembuatan larutan induk dan kerja rhodamin B. Larutan induk Rhodamin B 1000 ppm: satu gram rhodamin B dilarutkan dengan HCl dalam labu ukur 1000 ml sampai tanda batas. Larutan kerja rhodamin B 100 ppm dibuat dengan mengambil 2 ml larutan induk rhodamin B 1000 ppm dan diencerkan dengan HCl dalam labu ukur 100 ml sampai tanda batas.

Penentuan massa optimum: sebanyak masing-masing 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 gram ditimbang dan dimasukkan dalam 5 erlemeyer. Ke dalam erlemeyer dimasukkan masing-masing 25 ml sampel limbah batik, setelah itu dilakukan pengadukan selama 90 menit. Larutan yang diperoleh disentrifuge, disaring dan filtratnya diukur absorbansinya menggunakan

UV-Vis dengan panjang gelombang 557,6 nm. Percobaan dilakukan 3 kali.

Penentuan waktu interaksi optimum: sebanyak masing-masing 0,3 gram karbon sabut siwalan ditimbang dan dimasukkan ke dalam 5 erlemeyer. Ke dalam masing-masing erlemeyer ditambahkan 25 ml sampel limbah batik, setelah itu dilakukan pengadukan selama 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Larutan yang diperoleh disentrifuge, disaring dan filtratnya diukur absorbansinya menggunakan UV-Vis dengan panjang gelombang 557,6 nm. Percobaan dilakukan dengan pengulangan 3 kali.

Data penelitian diperoleh dari beberapa tahap yang meliputi: Pembuatan karbon aktif sabut siwalan, karakteristik karbon aktif sabut siwalan, penentuan kurva standar rhodamin B, pengaruh massa dan waktu interaksi optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis, hasil kadar air untuk karbon aktif rata-rata 3,0622%. Kadar air dari sampel air yang tinggi akan mengurangi daya serap karbon aktif terhadap gas maupun cairan (Pari, 2000). Hasil kadar air sesuai dengan SNI No. 06-3730-95 yaitu kurang dari 15%.

Kadar abu karbon aktif merupakan sisa mineral yang tertinggal ketika karbonisasi, karena komponen senyawa penyusun bahan dasar karbon aktif tidak hanya terdiri dari karbon saja tetapi juga mengandung mineral-mineral lain diantaranya kalium, natrium, magnesium, kalsium. Kadar abu karbon sabut siwalan yang dihasilkan rata-rata 9,1429%. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif sabut siwalan yang dihasilkan memenuhi syarat mutu SNI No. 06-3730-95 yaitu kurang dari 10%.

Luas permukaan dan pori-pori karbon aktif dapat dilihat menggunakan *Surface Area Analyzer* (SAA). Hasil *surface area analyzer* menunjukkan luas permukaan dan rata-rata jari pori karbon dan karbon aktif berturut-turut sebesar 4,370 m²/g dan 1,146 Å menjadi 3,160 m²/g dan 3,199 Å. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki luas permukaan yang kecil dari pada karbon dan rerata jari-jari pori besar. Sehingga daya adsorpsi karbon aktif lebih maksimal dari pada karbon. Penambahan $ZnCl_2$ telah memperluas pori-pori karbon aktif sehingga diharapkan akan memberikan daya adsorpsi yang lebih besar.

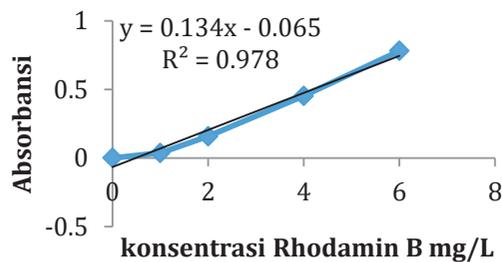
Kurva larutan standar rhodamin B dibuat dengan cara mengukur absorbansi larutan standar rhodamin B pada konsentrasi 1, 2, 4, dan 6 ppm menggunakan UV-Vis dengan panjang gelombang 557,6 nm (Tabel 1). Kurva larutan standar dibuat dengan mengalurkan besarnya konsentrasi larutan (ppm) sebagai sumbu

x terhadap besarnya absorbansi sebagai sumbu y (Gambar 1).

Massa dan waktu interaksi yang cukup diperlukan karbon aktif agar dapat mengadsorpsi rhodamin B secara optimal. Semakin banyak penambahan massa dan semakin lama waktu interaksi, maka semakin banyak rhodamin B yang teradsorpsi karena semakin banyak kesempatan partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan rhodamin B. Hal ini menyebabkan semakin banyak rhodamin B yang

Tabel 1. Absorbansi rhodamin B pada λ 557,6 nm

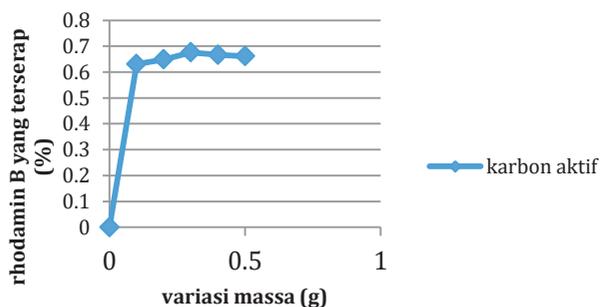
Konsentrasi rhodamin B	Absorbansi rhodamin B pada λ 557,6 nm
1 ppm	0,037
2 ppm	0,158
4 ppm	0,452
6 ppm	0,780



Gambar 1. Kurva kalibrasi larutan standar rhodamin B

Tabel 2. Rata-rata konsentrasi rhodamin B yang terserap karbon aktif pada variasi massa

Variasi massa	Konsentrasi rhodamin B (mg/l)		Persentase rhodamin B yang terserap (%)
	awal	Rata-rata akhir terserap	
0,1	1,522,	2,598	63,05%
0,2	1,447	2,673	64,87%
0,3	4,12	2,785	67,59%
0,4	1,372	2,748	66,69%
0,5	1,397	2,723	66,09%



Gambar 2. Grafik daya serap karbon aktif variasi massa

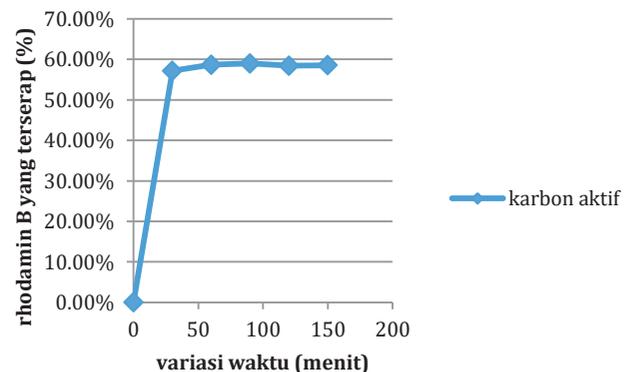
terikat di dalam pori-pori karbon aktif. Namun, apabila adsorpsi sudah jenuh, massa dan waktu interaksi tidak lagi berpengaruh. Hasil penelitian ini disajikan di Tabel 2. Berdasarkan data di Tabel 2, dibuat grafik dengan menghubungkan massa dan sumbu X terhadap besarnya persentase konsentrasi rhodamin B sebagai sumbu Y (Gambar 2).

Pengaruh penambahan massa karbon aktif terhadap kapasitas adsorpsi rhodamin B, disajikan pada Gambar 2. Adsorpsi karbon aktif sabut siwalan terhadap rhodamin B menunjukkan kenaikan yang relatif kecil pada variasi massa antara 0,1 hingga 0,3 gram, setelah di atas 0,3 gram sedikit mengalami penurunan karena karbon telah jenuh. Pada Tabel 3 yang menunjukkan banyaknya rhodamin B yang teradsorpsi sebesar 67,59%. Pada Gambar 3 menunjukkan adsorpsi antara karbon aktif terhadap rhodamin B, membuktikan karbon aktif memiliki daya serap yang maksimal karena karbon aktif memiliki pori-pori yang besar untuk mengadsorpsi rhodamin B. Berdasarkan Tabel 3, dibuat grafik dengan menghubungkan massa sebagai sumbu X terhadap persentase rhodamin B yang terserap sebagai sumbu Y (Gambar 3).

Pengaruh waktu interaksi karbon aktif terhadap kapasitas adsorpsi rhodamin B, disajikan pada Gambar 3. Adsorpsi karbon aktif sabut siwalan terhadap rhodamin B menunjukkan kenaikan yang relatif kecil pada variasi waktu antara 30 hingga 90

Tabel 3. Rata-rata konsentrasi rhodamin B yang terserap karbon aktif pada variasi waktu

Variasi waktu	Konsentrasi rhodamin B (mg/l)		Persentase rhodamin B yang terserap (%)
	awal	Rata-rata Akhir terserap	
30	1,765	2,355	57,16%
60	1,703	2,417	58,66%
90	4,12	2,429	58,95%
120	1,713	2,407	58,42%
150	1,708	2,412	58,54%



Gambar 3. Grafik daya serap karbon dan karbon aktif variasi waktu

menit, setelah di atas 90 menit sedikit mengalami penurunan karena karbon aktif telah jenuh. Pada Tabel 3 yang menunjukkan banyaknya rhodamin B yang teradsorpsi sebesar 58,95%. Dari Gambar 3, grafik daya serap karbon aktif variasi waktu terhadap rhodamin B membuktikan karbon aktif memiliki daya serap yang maksimal, hal ini dikarenakan karbon aktif pori-pori besar, dengan lama waktu interaksi selama 90 menit memiliki daya serap yang paling baik.

SIMPULAN

Karakteristik karbon aktif sabut siwalan dari hasil penelitian adalah kadar air sebesar 3,0622% dan kadar abu sebesar 9,1429%. Hasil *surface area analyzer* menunjukkan luas permukaan dan rata-rata jari pori karbon aktif berturut-turut sebesar 3,160 m²/g dan 3,199 Å. Semakin lama waktu interaksi antara rhodamin B dengan karbon aktif sabut siwalan memiliki daya adsorpsi maksimal dan pada waktu antara 120 menit sampai 150 menit persen penurunan rhodamin B relatif stabil. Begitu pula dengan penambahan massa karbon aktif yang digunakan memiliki daya adsorpsi yang maksimal dan pada penambahan massa 0,4 dan 0,5 persen penurunan rhodamin B relatif stabil. Massa dan waktu interaksi karbon aktif terhadap adsorpsi rhodamin B diperoleh pada penambahan massa 0,3 gram dengan hasil

rhodamin B teradsorpsi sebesar 67,59% dan waktu pengadukan selama 90 menit dengan hasil rhodamin B teradsorpsi sebesar 58,95%.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad R, 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: ANDI.
- Amanah N, 2010. Pengaruh konsentrasi pengaktif ZnCl₂ terhadap kemampuan adsorpsi fenol oleh arang aktif serbuk gergaji kayu sengon (*Paraserienthes falcataria*). *Skripsi*, tidak dipublikasikan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Dewati R, 2010. Kinetika reaksi pembuatan Asam Oksalat dari sabut siwalan dengan oksidator H₂O₂. *Jurnal Penelitian Ilmiah Teknik* 10 (1): 29–37.
- Pari G, 2000. Pembuatan Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Sengon (*Paraserianthes alcataria*) dengan Cara Kimia. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 14: 308–320.
- Purnama H & Setiati, 2004. Adsorpsi Limbah Tekstil Sintetis dengan Jerami Padi. *Jurnal Teknik Gelagar* 15 (1): 1–9.
- Rahmawati E, 2013. Adsorpsi Pb Oleh Arang Aktif Sabut Siwalan (*Borassus Flabellifer*). *Skripsi*, tidak dipublikasikan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Rodriguez R, 1995. *Chemistry and Physics of Carbon*, P.A. Thower, Vol. 21, P. 1.
- Sembiring & Sinaga, 2003. *Arang aktif (pengenalan dan proses pembuatannya)*. Medan: Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik USU.
- Surya SN, 2006. Adsorpsi arang aktif Ampas Tebu terhadap Ion Cd dalam Larutan. *Skripsi*, tidak dipublikasikan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Wijayanti R, 2009. *Arang Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.