

PENYISIHAN WARNA PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI SASIRANGAN DENGAN ADSORPSI KARBON AKTIF

Andy Mizwar¹⁾, Nurin Nisa Farah Diena

Abstract -Dye removal from sasirangan textile wastewater by using commercially available activated carbon in a batch reactor was studied. This research explores the effect of activated carbon dosing and contact time on the condition of constant pH and stirring speed toward the effectiveness of dye removal. The results showed that the effectiveness of dye removal of 20.75% - 39.16% with the optimum contact time of 60 minutes and the pattern of dye adsorption by activated carbon in this study were more likely to follow the model of Langmuir Isotherms with a maximum adsorption capacity of 29.412 mg/g.

Keywords: adsorption, activated carbon, sasirangan, dye

PENDAHULUAN

Sasirangan adalah kain adat suku Banjar di Kalimantan Selatan yang dibuat dengan teknik tusuk jelujur. Sejak tahun 2007, industri sasirangan ditetapkan sebagai salah satu dari sepuluh komoditi/produk/jenis usaha (KPJU) unggulan Kalimantan Selatan (Putra, 2011). Sebagaimana industri tekstil lainnya, pembuatan kain sasirangan melibatkan proses pewarnaan dan pencelupan dengan menggunakan pewarna sintetik seperti naphtol, indigosol, reaktif dan indanthreen yang akan menghasilkan limbah cair berwarna pekat dalam jumlah yang cukup besar (Hardini, dkk., 2009). Pelepasan air limbah industri tekstil ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu dapat merusak ekosistem badan air penerima dan menjadi racun bagi organisme air, bahkan beberapa jenis pewarna diduga bersifat karsinogen dan membahayakan kesehatan manusia (Pinheiro, et al., 2004; Erdem, et al., 2005; Babu, et al., 2007; Hameed, 2009).

Berbagai proses pengolahan telah digunakan untuk menghilangkan zat warna pada air limbah, seperti; proses koagulasi/flokulasi (Butt, et al., 2005), membran tukar kation (Wu, et al., 2008), degradasi elektrokimia (Fan, et al., 2008),

advanced oxidative process (Banerjee, et al., 2007; Mahmoud, et al., 2007; Fathima, et al., 2008), *fenton-biological treatment* (Lodha and Chaudhari, 2007; Garcia-Montano, et al., 2008), dan adsorpsi (Allen, et al., 2004; Erdem, et al., 2005; Hameed, 2009). Namun sampai saat ini, teknik adsorpsi dengan menggunakan berbagai macam adsorben masih merupakan metode yang paling menguntungkan karena efektifitas dan kapasitas adsorpsinya yang tinggi serta biaya operasionalnya yang rendah (Syafalni, et al., 2012). Karbon aktif yang didefinisikan sebagai bahan karbon yang telah mengalami proses karbonisasi untuk meningkatkan porositasnya (Marsh, 1989) dan merupakan salah satu jenis adsorben yang umum digunakan dalam pengolahan air limbah dinilai sangat cocok untuk mengurangi zat organik dan warna (Alvares, et al., 2001; Kalderis, et al., 2008; Ahmad, et al., 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektifitas penyisihan warna pada air limbah industri sasirangan menggunakan karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa berbentuk bubuk (*powder*) dengan proses *batch*, serta untuk membandingkan kinerja dari pengaturan dosis karbon aktif dan waktu kontak pada kondisi pH dan kecepatan pengadukan konstan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Sampel limbah cair industri sasirangandiambil di Kampung Sasirangan, Desa Seberang Masjid, Kecamatan Banjarmasin Tengah, Kota Banjarmasin. Hasil analisis sampel limbah cair tersebut adalah; warna 3.200 mg PtCo/l, TSS (*total suspended solid*) 3.382 mg/l, BOD₅ 277 mg/l, COD 536 mg/l, pH 12,38 dan suhu 26,9°C.

Karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif komersil (tanpa merek) yang terbuat dari tempurung kelapa berbentuk bubukdengan spesifikasi; kadar air 4,15%, kadar abu 2,14%, kadar karbon 80,24%, *bulk density* 0,48 kg/l, *iodine number adsorption* 1019,36 mg/g dan ukuran partikel 44 - 117 µm.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental skala laboratorium yang dilakukan secara *batch*dengan menggunakan metode *jar test*. Percobaan dalam penelitian ini dirancang secara acak lengkap (RAL), terdiri dari tiga perlakuan dosis karbon aktif (2 , 4 dan 6 gr) dan tiga perlakuan lama pengadukan (30, 60 dan 120 menit) dengan 3 kali ulangan pada masing-masing perlakuan sehingga diperoleh 27 satuan percobaan. Volume sampel limbah cair industri sasirangan yang digunakan pada masing-masing satuan percobaan sebanyak 200 ml, sedangkan kecepatan pengadukan yang digunakan sebesar 200 rpm. Pemilihan variasi dosis karbon aktif, variasi lama pengadukan, volume limbah dan kecepatan pengadukan mengacu pada prosedur penelitian yang dilakukan oleh Khan and Chaudhuri (2010).

Konsentrasi warna diukur dengan metode spektrofotometri, sedangkan kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan ditentukan dengan persamaan Isoterm Freudlinch dan Langmuir. Signifikansi pengaruh variabel bebas (dosis karbon aktif dan lama pengadukan) terhadap penyisihan

warna pada limbah cair industri sasirangan ditentukan dengan Analisis Ragam (Uji F).

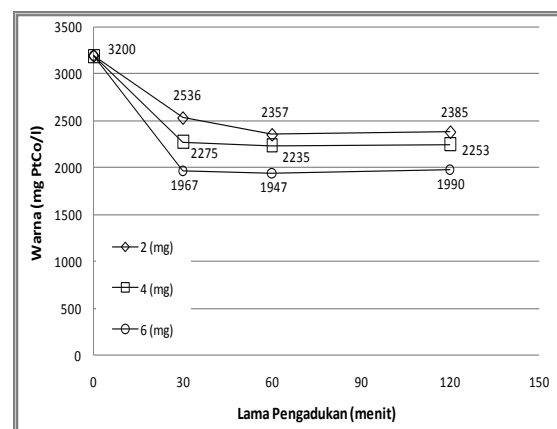
HASIL DAN PEMBAHASAN

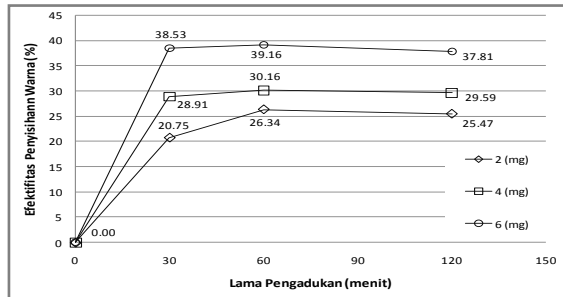
Pengaruh Dosis Karbon Aktif dan Lama Pengadukan terhadap Penyisihan Warna

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektifitas penyisihan warna tertinggi (39,16%) terjadi pada dosis karbon aktif 6 gr dengan lama pengadukan 60 menit, sedangkan yang terendah (20,75%) terjadi pada dosis karbon aktif 2 gr dengan lama pengadukan 30 menit. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Isa, et al. (2007) dan Khan and Chaudhuri (2010) yang menunjukkan bahwa penyisihan warna dengan proses adsorpsi karbon aktif terjadi seiring dengan peningkatan dosis karbon aktif dan lama pengadukan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Konsentrasi Warna Setelah Perlakuan

Dosis Karbon Aktif (gr)	Ulangan	Konsentrasi warna (mg PtCo/l)		
		30 menit	60 menit	120 menit
2	1	2540	2371	2384
	2	2532	2365	2388
	3	2537	2334	2382
	rerata	2536	2357	2385
	eff (%)	20.75	26.34	25.47
4	1	2275	2238	2256
	2	2273	2236	2251
	3	2278	2232	2253
	rerata	2275	2235	2253
	eff (%)	28.91	30.16	29.59
6	1	1970	1947	1989
	2	1965	1946	1992
	3	1966	1947	1990
	rerata	1967	1947	1990
	eff (%)	38.53	39.16	37.81





Gambar 1. Pengaruh Dosis Karbon Aktif dan Lama Pengadukan terhadap Penyisihan Warna.

Sebagaimana hasil penelitian Khan and Chaudhuri (2010), pada penelitian ini kesetimbangan adsorpsi juga tercapai dalam waktu 60 menit dengan ditandai terjadinya efektifitas penyisihan warna optimum pada dosis karbon aktif 2 gr, 4 gr dan 6 gr masing-masing sebesar 26,34%, 30,16% dan 39,16% yang kemudian turun menjadi 25,47%, 29,59% dan 37,81% pada lama pengadukan 120 menit. Kondisi ini menunjukkan bahwa lama pengadukan efektif untuk adsorpsi warna pada limbah cair sasirangan dengan karbon aktif adalah 60 menit, karena proses pengadukan yang berlangsung dalam waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan ikatan antara adsorbat dan karbon aktif yang telah terbentuk akan terlepas kembali. Hal ini didukung oleh hasil uji statistik dengan analisis ragam (Uji F) yang menunjukkan bahwa dosis karbon aktif berpengaruh sangat nyata terhadap penyisihan warna pada limbah cair industri sasirangan ($F_{hitung} 14.92 > F_{tabel 5\%} 3,4$), sedangkan lama pengadukan tidak berpengaruh nyata terhadap penyisihan warna pada limbah cair industri sasirangan ($F_{hitung} 2.79 < F_{tabel 5\%} 3,4$).

Dengan efektifitas penyisihan warna tertinggi sebesar 39,16%, maka dapat dikatakan bahwa efektifitas penyisihan warna pada limbah cair industri sasirangan dengan adsorpsi karbon aktif pada penelitian ini masih tergolong rendah. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik (BOD_5 277 mg/l dan COD 536 mg/l) serta konsentrasi TSS (3.382 mg/l) pada sampel limbah cair sasirangan yang akan menyebabkan terjadinya kompetisi penyerapan zat-zat adsorbat tersebut oleh

karbon aktif, sebagaimana dijelaskan oleh Allen and Koumanova (2005) bahwa kapasitas adsorpsi terhadap zat warna akan berkurang dengan adanya kehadiran adsorbat lain dalam larutan yang diolah.

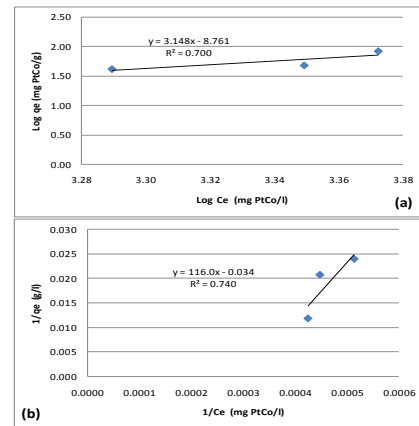
Faktor lain yang menjadi penyebab rendahnya nilai efektifitas penyisihan warna pada limbah cair industri sasirangan dengan adsorpsi karbon aktif pada penelitian ini adalah pH sampel limbah cair yang bersifat basa (pH = 12,38). Sebagaimana dijelaskan oleh Isa, et al. (2007), bahwa pH larutan yang bersifat basa mengakibatkan permukaan adsorben cenderung menjadi bermuatan negatif sehingga tidak mendukung adsorpsi zat warna karena tolakan elektrostatis. Dalam penelitiannya, Khan and Chaudhuri (2010) memperoleh nilai pH 2 sebagai kondisi optimum adsorpsi warna pada limbah cair tekstil dengan menggunakan karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa.

Isoterm Adsorpsi

Dalam penelitian ini, model adsorpsi Freundlich dan Langmuir digunakan untuk mempelajari perilaku adsorpsi zat warna pada limbah cair industri sasirangan dengan menggunakan karbon aktif. Menurut Khan and Chaudhuri (2010), pada adsorpsi dalam sistem padat-cair, rasio distribusi zat terlarut antara fasa cair dan padat adalah ukuran dari posisi kesetimbangan. Oleh karena itu, kinerja maksimum adsorpsi karbon aktif pada lama pengadukan 60 menit dipilih untuk membandingkan efektivitas masing-masing dosis karbon aktif yang digunakan.

Gambar 2 (a) menunjukkan plot linier ($\log q_e$ terhadap $\log C_e$) dari Isoterm Freundlich. Kuantitas q_e merupakan jumlah zat terlarut yang teradsorpsi per-satuan berat adsorben dan C_e adalah konsentrasi zat terlarut yang tersisa dalam larutan pada kesetimbangan. Dari Gambar 2 (a) diketahui bahwa koefisien korelasi (R^2) sebesar 0.70 dengan nilai slope 3,148 dan intersep 8,761. Nilai tetapan Freundlich (K_f dan n) adsorpsi warna pada limbah cair industri sasirangan oleh karbon aktif dapat dilihat pada tabel 2. Nilai K_f (kapasitas adsorpsi) sebesar $1,73 \cdot 10^7$

q_e menunjukkan bahwa kinerja adsorpsi *multilayer* dari adsorbat pada permukaan luar adsorben cukup signifikan, sedangkan $1/n$ (intensitas proses adsorpsi) sebesar 3,148 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi mengalami penurunan seiring dengan penambahan waktu kontak setelah mengalami kesetimbangan dengan nilai $1/n > 1$.



Gambar 2. Isoterm Freundlich (a) dan Isoterm Langmuir (b)

Tabel 2. Nilai Tetapan dan Persamaan Isoterm Freundlich dan Isoterm Langmuir

Isoterm	K_f (mg/g)	n (g/l)	q_m (mg/g)	K_a (L/mg)	Persamaan	R^2
Freundlich	$1,73 \cdot 10^{-9}$	0.318	-	-	$q_e = 1,73 \cdot 10^{-9} C_e^{3,148}$	0.70
Langmuir	-	-	29,412	$2,931 \cdot 10^{-4}$	$q = \frac{8,6 \cdot 10^{-3} C_e}{1 + 2,931 \cdot 10^{-4} C_e}$	0.74

Plot linier nilai adsorpsi spesifik ($1/q_e$) terhadap konsentrasi kesetimbangan ($1/C_e$) pada Gambar 2 (b), dengan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0.74, nilai slope 116 dan intersep 0.034 menunjukkan bahwa pola adsorpsi warna oleh karbon aktif lebih cenderung mengikuti model Isoterm Langmuir. Nilai q_m (kapasitas adsorpsi) sebesar 29,412 mg/g menunjukkan bahwa kinerja adsorpsi *monolayer* dari adsorbat pada permukaan luar adsorben lebih signifikan, sedangkan nilai K_a (energi adsorpsi) sebesar $2,931 \cdot 10^{-4}$ l/g menunjukkan bahwa energi adsorpsi mengalami penurunan seiring dengan penambahan waktu kontak setelah mengalami kesetimbangan dengan nilai $K_a < 1$.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa efektifitas penyisihan warna pada limbah cair industri sasirangan dengan menggunakan karbon aktif komersil

(tanpa merek) yang terbuat dari tempurung kelapa berbentuk bubuk adalah sebesar 20,75% – 39,16% dengan waktu kontak optimum 60 menit. Pola adsorpsi warna oleh karbon aktif pada penelitian ini lebih cenderung mengikuti model Isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 29,412 mg/g.

Untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi dan efektifitas penyerapan warna pada limbah cair industri sasirangan dengan menggunakan karbon aktif perlu diperhatikan kondisi pH operasi dan konsentrasi zat pencemar lain yang ada dalam limbah cair industri sasirangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. A., and Hameed, B. H. 2009. Reduction of COD and Color of Dyeing Effluent From a Cotton Textile Mill by Adsorption Onto Bamboo-based Activated Carbon. *Journal of Hazardous Materials*. Vol 172. No 2-3. 1538-1543.

- Allen, S. J. and B. Koumanova. 2005. Decolourisation of Water/Wastewater Using Adsorption. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*. Vol 40. No 3. 175-192.
- Allen, S. J., McKay, G., and Porter, J. F. 2004. Adsorption Isotherm Models for Basic Dye Adsorption by Peat in Single and Binary Component Systems. *Journal of Colloid and Interface Science*. Vol 280. No 2. 322-333.
- Alvares, A. B. C, Diaper, C., and Parsons, S. A. 2001. Partial Oxidation of Hydrolysed and Unhydrolysed Textile Azo Dyes by Ozone and The Effect on Biodegradability. *Process Safety and Environmental Protection*. Vol 79. No 2. 103-108.
- Babu, B. R., Parande, A. K., Raghu, S., and Prem Kumar, T. 2007. Cotton Textile Processing: Waste Generation and Effluent Treatment. *Journal of Cotton Science*. Vol 11. 141-153.
- Banerjee, P., Dasgupta, S., and De, S. 2007. Removal of Dye from Aqueous Solution Using a Combination of Advanced Oxidation Process and Nanofiltration. *Journal of Hazardous Materials*. Vol 140. No 1-2. 95-103.
- Butt, M. T., Arif, F., Shafique, T., and Imtiaz, N. 2005. Spectrophotometric Estimation of Colour in Textile Dyeing Wastewater. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*. Vol 27. No 6. 627-630.
- Erdem, E., Çölgeçen, G., and Donat, R. 2005. The Removal of Textile Dyes by Diatomite Earth. *Journal of Colloid and Interface Science*. Vol. 282. No. 2. 314-319.
- Fan, L., Zhou, Y., Yang, W., Chen, G., and Yang, F. 2008. Electrochemical Degradation of Aqueous Solution of Amaranth Azo Dye on ACF Under Potentiostatic Model. *Dyes Pigments*, Vol 76. No 2. 440-446.
- Fathima, N. N., Aravindhan, R., Rao, J. R., and Nair, B. U. 2008. Dye House Wastewater Treatment Through Advanced Oxidation Process Using Cu-exchanged Y zeolite: A Heterogeneous Catalytic Approach. *Chemosphere*. Vol 70. No 6. 1146-1151.
- Garcia-Montano, J., Perez-Estrada, L., Oller, I., Maldonado, M. I., Torrades, F., and Peral, J. 2008. Scale Reactive Dyes Degradation by Solar Photo-Fenton and Viological Processes. *Journal of Photochemistry Photobiology A: Chemistry*. Vol 195. No 2-3. 205-214.
- Hameed, B. H. 2009. Spent tea leaves: A New Non-conventional and Low-cost Adsorbent for Removal of Basic Dye from Aqueous Solutions. *Journal of Hazardous Materials*. Vol 161. No 2-3. 753-759.
- Hardini, R., Risnawati, I., Fauzi, A., dan Noer Komari. 2009. Pemanfaatan Rumput Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) sebagai Biosorben Cr (IV) pada Limbah Industri Sasirangan dengan Metode Teh Celup. *Jurnal Sain dan Terapan Kimia*. Vol 3. No 1. 57-72.
- Isa M.H., Siew L.L., Asaari F.A.H, Aziz H.A., Azam Ramli N. and Dhas J.P.A. 2007. Low Cost Removal of Disperse Dyes From Aqueous Solution Using Palm Ash. *Dyes and Pigments*. Vol 74. No 2. 446-453.
- Kalderis, D., Koutoulakis, D., Paraskeva, P., Diamadopoulos, E., Otal, E., del

- Valle, J. O., and Fernández-Pereira, C. 2008. Adsorption of Polluting Substances on Activated Carbons Prepared From Rice Husk and Sugarcane Bagasse. *Chemical Engineering Journal*. Vol 144. No 1. 42-50.
- Khan and Chaudhuri. 2010. Adsorptive Removal of Disperse Red 343 from Aqueous Solution by Coconut Coir Activated Carbon. *The 1st IWA Malaysia Young Water Professionals Conference (IWAYP2010)*. Kuala Lumpur, March 2010.
- Lodha, B., and Chaudhari, S. 2007. Optimization of Fenton-biological Treatment Scheme for The Treatment of Aqueous Dye Solutions. *Journal of Hazardous Materials*. Vol 148. No 1-2. 459-466.
- Mahmoud, A. S., Brooks, M. S., and Ghaly, A. E. 2007. Decolorization of Remazol Brilliant Blue Dye Effluent by Advanced Photo Oxidation Process (H₂O₂/UV system). *American Journal of Applied Sciences*. Vol 4. No 12, 1054-1062.
- Marsh, H. 1989. *Introduction to Carbon Science*. Butterworths. ISBN 978-0-408-03837-9. UK.
- Pinheiro, H. M., Touraud, E., and Thomas, O. 2004. Aromatic Amines from Azo Dye Reduction: Status Review With Emphasis on Direct UV Spectrophotometric Detection in Textile Industry Wastewaters. *Dyes and Pigments*, Vol. 61. No 2. 121–139.
- Putra, M.R.A. 2011. *Analisis Peranan Industri Kain Sasirangan Terhadap Perekonomian Kota Banjarmasin dan Strategi Pengembangannya*. Tesis. Departemen Ilmu Ekonomi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Syafalni, S., Abustan, I., Dahlan, I., Wah, C.K., and Umar, G. 2012. Treatment of Dye Wastewater Using Granular Activated Carbon and Zeolite Filter. *Modern Applied Science*. Vol 6. No 2. 37-51.
- Wu, J. S., Liu, C. H., Chu, K. H., and Suen, S. Y. 2008. Removal of Cationic Dye Methyl Violet 2B from Water by Cation Exchange Membranes. *Journal of Membrane Science*. Vol 309. No 1-2. 239-245