

ADSORPSI ZAT WARNA *DIRECT BLACK 38* MENGGUNAKAN KITOSAN BERBASIS LIMBAH UDANG DELTA MAHAKAM

Adsorption of Direct Black 38 Dye by Using Chitosan Isolated from Shrimp Waste of Mahakam Delta

Zainal Arifin*, Dedy Irawan, Marinda Rahim, Ferdi Ramantiya

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
Jl. Ciptomangunkusumo, Kampus Gunung Lipan, Samarinda 75131 Telp. (0541)
260588
*e-mail: iffien_solo@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian dekolorisasi *Direct Black 38* menggunakan kitosan dari limbah udang Delta Mahakam. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan kondisi optimum proses dan kapasitas adsorpsi kitosan. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: waktu (20-480 menit), massa kitosan (0.01, 0.1, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 1.75, 2 gram), dan konsentrasi *Direct Black 38* (2, 5, 10, 50, 100 ppm). *Direct Black 38* dengan konsentrasi awal 500 ppm diencerkan menjadi 100 ppm. Sampel sebanyak 100 mL dimasukkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan sejumlah kitosan. Sampel diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan tertentu hingga tercapai kesetimbangan. Sampel disaring dengan Whatman 40 kemudian dianalisis penurunan konsentrasi *Direct Black 38* menggunakan UV-Vis pada panjang gelombang 505.7 nm. Untuk mendapatkan data kapasitas adsorpsi kitosan digunakan model isoterm Freundlich. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi *Direct Black 38* adalah waktu adsorpsi 360 menit dan massa kitosan 1.5 gram. Penurunan konsentrasi *Direct Black 38* pada kondisi optimum mencapai 63.10%. Data kapasitas adsorpsi kitosan terbesar diperoleh sebesar 4.21 mg/g berdasarkan persamaan isoterm Freundlich.

Kata kunci: adsorpsi, dekolorisasi, *direct black 38*, kitin, kitosan

ABSTRACT

The adsorption of Direct Black 38 (DB 38) using chitosan made from Mahakam's Delta shrimp waste has been investigated. The study was conducted to obtain the optimum process conditions and the adsorption capacity of chitosan. Experiments were carried out as a function of contact time, weight dosage, and different initial concentrations of Direct Black 38 by the initial concentration of 500 ppm was diluted to 100 ppm. Samples of 100 mL inserted into erlenmeyer and added a number of chitosan. The mixture was stirred using a shaker IKA KS 130 until reached equilibrium. The mixture was filtered with Whatman 40 and residual concentrations of Direct Black 38 analyzed using UV-Vis Varian Cary 50 at a wavelength of 505.7 nm. The adsorption capacity data of chitosan were analyzed using the Freundlich isotherm model. The results showed that the optimum conditions for Direct Black 38 adsorption is achieved at contact time of 360 minutes, weight doses of 1.5 g. The maximum percentage DB 38 removal at the optimum conditions was found to be 63.10%. The maximum adsorption capacity of chitosan was 4.21 mg/g based on the Freundlich isotherm equation.

Key words: adsorption, decolorization, direct black 38, chitin, chitosan

PENDAHULUAN

Pembangunan diberbagai sektor industri yang dilakukan pemerintah terbukti dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat. Namun sektor industri juga mempunyai dampak negatif karena berpotensi menghasilkan limbah, baik berupa limbah padat, gas maupun cair. Salah satu industri yang menghasilkan limbah cair adalah industri tekstil. Limbah cair tersebut berasal dari proses pewarnaan (*dyeing*) yaitu berupa zat warna yang tercampur dalam air. Limbah cair industri tekstil di Indonesia umumnya mengandung zat tersuspensi dengan konsentrasi 750 ppm dan BOD sebesar 500 ppm (Pratiwi, 2010). Menurut Pierce, konsentrasi zat pewarna yang boleh dibuang ke lingkungan adalah 0.005 ppm (Allen dan Koumanova, 2005).

Intensitas warna pada limbah cair dapat dikurangi dengan cara fisika, kimia maupun biologi. Metode dekolorisasi limbah cair industri tekstil antara lain: adsorpsi (Tan *et al*, 2008), koagulasi/flokulasi (Zonoozi *et al*, 2008), membran (Ahmad *et al*, 2007), nanofiltrasi (Hassani *et al*, 2008), elektrokoagulasi (Alinsafi *et al*, 2005), ozonasi (Konsowa, 2003), ultrasonik (Lorimer *et al*, 2001), dan biosorpsi (Low *et al*, 1995). Beberapa metode tersebut di atas telah terbukti efektif, meskipun terdapat beberapa kelemahan dan keterbatasan seperti

tingginya kebutuhan energi, tidak efisien dan terbentuk limbah baru yang perlu diproses lagi. Proses adsorpsi memiliki keunggulan dibanding metode yang lain karena paling efektif, efisien dan ekonomis (Azhar *et al*, 2005; Sharma *et al*, 2009; Gupta *et al*, 2011). Adsorpsi menggunakan karbon aktif dari berbagai sumber bahan baku telah umum dilakukan.

Salah satu adsorben yang dapat digunakan dalam proses dekolorisasi limbah cair industri tekstil adalah kitosan (Dutta *et al*, 2004). Kitosan dapat diperoleh dari limbah krustasea seperti udang dan kepiting. Kitosan memiliki afinitas yang sangat tinggi terhadap zat warna terutama jenis pewarna anionik seperti *acid*, *reactive* dan *direct*. Hal ini karena kitosan memiliki struktur yang unik yaitu polikationik (Crini dan Badot, 2008). Penggunaan kitosan untuk dekolorisasi beberapa zat warna telah dilakukan, seperti *Crystal Violet* (Ling *et al*, 2011), *Congo Red & Direct Blue 1* (Chatterjee *et al*, 2009; Perju dan Dragan, 2010), *Direct Blue 78 & Acid Black 26* (Salehi *et al*, 2011), *Remazol Brilliant Blue RN & Basic Blue 36* (Kyzas *et al*, 2010), *Reactive Red 222* (Chiou *et al*, 2003), *Acid Green 27* (Hu *et al*, 2006), *Methyl Orange* (Saha *et al*, 2010), dan *Acid Yellow 73* (Iqbal *et al*, 2010).

Penelitian ini menggunakan kitosan hasil transformasi kitin dari

limbah udang Delta Mahakam (campuran jenis *Penaeus monodon* dan *Metapenaeus monoceros*). Arifin *et. al.* (2010) melaporkan bahwa limbah udang Delta Mahakam mempunyai rendemen kitin dan kitosan berturut-turut adalah sebesar 23.30% dan 18.43%. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa kitosan tersebut memenuhi standar kualitas kitosan niaga. Kitosan tersebut digunakan untuk menyerap zat warna DB 38 yang sering digunakan dalam proses pewarnaan benang sarung samarinda. Ambas (2010), telah melakukan penelitian dekolorisasi DB 38 menggunakan karbon aktif dari cangkang biji ketapang. Kondisi optimum diperoleh dengan persen penurunan warna sebesar 74.54%. Berdasarkan keberhasilan penelitian di atas, dilakukan dekolorisasi DB 38 menggunakan kitosan dari limbah udang Delta Mahakam.

METODOLOGI

Bahan Penelitian

Kitosan dari limbah udang Delta Mahakam dengan karakteristik sebagai berikut (Arifin, *et al*, 2010): rendemen 18.43%, kadar air 8.10%, kadar abu 0.18% dan derajat deasetilasi 73.81%. Limbah artifisial zat warna DB 38 dengan konsentrasi 500 ppm.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: erlenmeyer 250 mL, neraca digital Ohaus, pH meter Eco Tester, seperangkat alat *Screening Sieve* (8, 16, 18, 30, dan 50), seperangkat alat Shaker IKA KS 130 control, seperangkat alat UV-Vis Varian Cary 50.

Pengambilan Data

Sampel DB 38 konsentrasi 100 ppm sebanyak 100 mL dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL. Kitosan dengan ukuran diameter partikel (-8+16) sieve ditimbang seberat 0.5 gram. Proses adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan sampel dan kitosan selama 20 menit pada suhu kamar dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Setelah 20 menit, pengadukan dihentikan dan sampel disaring dengan menggunakan kertas *Whatman* 40. Penurunan konsentrasi sampel dianalisis dengan alat UV-Vis Varian Cary 50. Prosedur di atas diulangi dengan memvariasikan waktu (20, 30, 60, 120, 300, 360, 420, 480 menit), massa kitosan (0.01, 0.1, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 1.75, 2 gram), dan konsentrasi *Direct Black* 38 (2, 5, 10, 50, 100 ppm).

Teknik Analisis Data

Penurunan konsentrasi zat warna DB 38 dianalisis dengan alat UV-Vis Varian Cary 50 pada panjang gelombang 505.7 nm. Sejumlah sampel dimasukan dalam kuvet,

kemudian diletakkan pada alat UV-Vis. Hasil analisis berupa nilai absorbansi tiap sampel diplotkan pada grafik larutan standar untuk mengetahui konsentrasinya. Perbandingan antara konsentrasi awal dan akhir sampel dihitung sebagai persen penurunan zat warna (%).

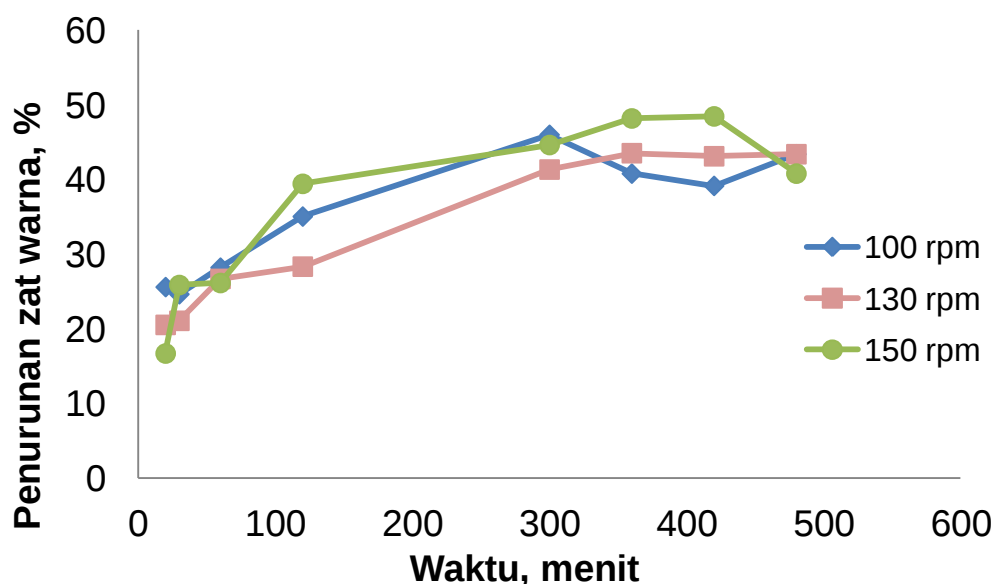
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Waktu Adsorpsi

Waktu kontak optimum adalah waktu dimana penyerapan adsorbat ke permukaan adsorben terjadi secara maksimum. Peristiwa ini ditunjukkan dengan konstannya nilai konsentrasi zat warna (adsorbat) dalam sampel yang telah mengalami pengadukan selama waktu tertentu. Penelitian penentuan waktu serta pengadukan

yang optimal untuk penyerapan DB 38 oleh kitosan dari limbah udang dilakukan dengan mencampur kitosan tersebut pada larutan zat warna yang diaduk dengan menggunakan alat *shaker*. Hal ini dilakukan, agar adsorben kitosan dapat tersebar secara merata di setiap bagian dengan harapan dapat menyerap zat warna DB 38 dengan sempurna dan dapat menghasilkan daya adsorpsi yang maksimal. Pengadukan juga berfungsi untuk selalu memperbaharui gradien konsentrasi antar muka adsorben dengan *bulk* adsorbat agar peristiwa adsorpsi dapat tetap berlangsung.

Gambar 1 menunjukkan penurunan konsentrasi zat warna (%) pada variasi waktu dan pengadukan.



Gambar 1. Hubungan antara pengaruh variasi waktu dan pengadukan terhadap penurunan zat warna

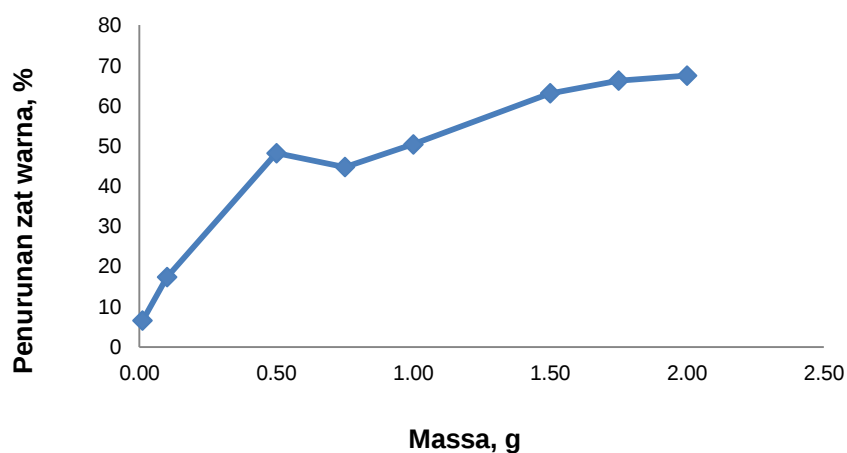
Berdasarkan Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi yang optimum adalah pada kecepatan pengaduk 150 rpm dan pada waktu 360 menit. Pada pengadukan dan waktu tersebut telah terjadi kesetimbangan dan menghasilkan penurunan zat warna yang sudah cukup baik yaitu sebesar 48.16%. Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penjerapan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Hal ini berlangsung hingga tercapai keadaan jenuh (kesetimbangan) yang seharusnya ditandai dengan tidak adanya lagi perubahan konsentrasi zat warna yang signifikan dalam sampel yang diolah. Namun demikian hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa penjerapan zat warna dapat kembali menurun dengan bertambahnya waktu setelah mencapai titik maksimum. Gejala ini menandakan terjadinya peristiwa desorpsi. Desorpsi dapat terjadi karena penjerapan zat warna oleh kitosan berlangsung akibat adanya interaksi ionik, yang menyebabkan gugus amina (NH_2) terprotonasi menjadi ion amina (NH_3^+) yang bersifat basa. Dengan demikian bertambahnya waktu adsorpsi menyebabkan lingkungan proses adsorpsi menjadi semakin basa.

Lingkungan yang bersifat basa cenderung menyebabkan peristiwa desorpsi, yaitu terlepasnya kembali zat warna yang terikat pada kitosan. Pengadukan yang lebih cepat menyebabkan adsorben kitosan dapat memperbesar zona kontak dengan *bulk* adsorbat. Dapat dilihat bahwa pengadukan pada 150 rpm dapat menjerap zat warna lebih baik daripada pengadukan 100 rpm dan 130 rpm untuk waktu kontak yang sama.

Pengaruh Dosis Adsorben

Variasi massa adsorben yang digunakan adalah 0,01; 0,1; 0,5; 0,75; 1; 1,5; 1,75; dan 2 gram. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh massa adsorben yang digunakan untuk menjerap larutan DB 38 dengan konsentrasi 100 ppm.

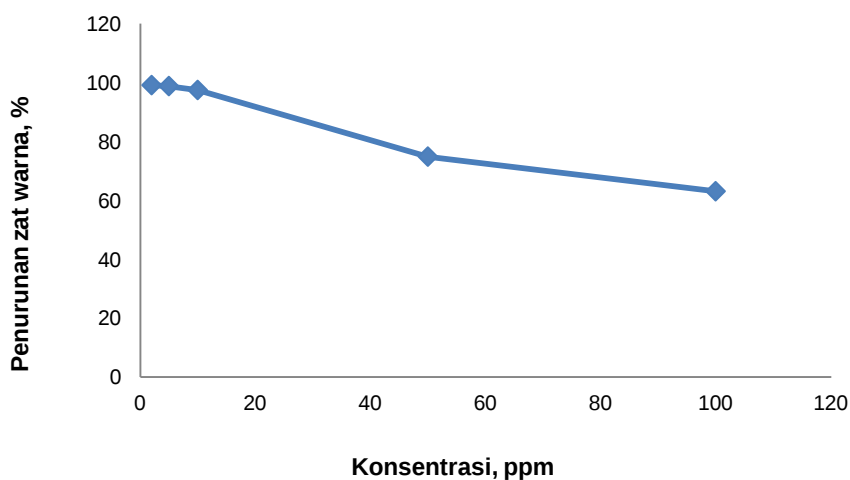
Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan zat warna meningkat seiring dengan meningkatnya massa adsorben yang digunakan. Hal ini dikarenakan, semakin banyaknya jumlah adsorben yang digunakan maka akan semakin banyak zat pewarna yang mampu dijerap oleh adsorben (Gambar 2). Penggunaan adsorben sebanyak 1.5 g mampu menghasilkan penurunan zat warna yang optimum atau zat warna dapat dijerap hingga 63.10%.



Gambar 2. Hubungan antara pengaruh variasi massa terhadap penurunan zat warna

Tabel 1. Perbandingan Hasil Penelitian Untuk Variasi Massa

Peneliti	Tahun	Zat Warna	Adsorben	Parameter		
				Massa (mg)	Volume (L)	Penurunan konsentrasi (%)
Ningrum, <i>et al</i>	2008	<i>Remazol brilliant blue</i>	Karbon aktif (tempurung kelapa)	300	-	88.33
Fairus, <i>et al</i>	2009	<i>Methyl violet</i>	Karbon aktif	250	0.25	70.60
Ambas	2010	<i>Direct black 38</i>	Karbon aktif (cangkang biji ketapang)	40	0.5	74.54
Penelitian ini	2011	<i>Direct black 38</i>	Kitosan (limbah udang)	1500	0.1	63.10



Gambar 3. Hubungan antara pengaruh variasi konsentrasi terhadap penurunan zat warna

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kitosan

Proses adsorpsi dilakukan pada konsentrasi limbah DB 38 yang berbeda yaitu 2; 5; 10; 50; dan 100 ppm. Menggunakan waktu dan pengadukan optimum yaitu 360 menit dan 150 rpm, sedangkan massa adsorben kitosan 1.5 g dengan diameter -8+16 sieve (diameter rata-rata 1.77 mm).

Gambar 3 dapat dilihat dengan semakin besarnya konsentrasi maka penurunan zat warna akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena terbatasnya kemampuan kitosan dalam jumlah kecil untuk mendegradasi (menjerap) zat warna dalam konsentrasi yang besar. Namun, penyerapan zat warna pada konsentrasi 100 ppm dengan massa adsorben kitosan 1.5 g sudah cukup baik karena dapat menurunkan zat warna hingga konsentrasi akhir 36.9041 ppm atau penurunan zat warna mencapai 63.10%. Hal ini

karena, adsorpsi dari sistem yang mengandung zat yang akan dijerap berkonsentrasi tinggi akan lebih cepat dibanding sistem yang sangat encer. Jadi kondisi paling bagus pada variasi konsentrasi DB 38 adalah 100 ppm. Data pengaruh variasi konsentrasi DB 38 ini digunakan untuk menentukan nilai daya jerap kitosan dari zat warna DB 38 (Tabel 2). Daya jerap kitosan dihitung dengan persamaan Freundlich berikut.

$$q_e = \frac{X}{M} = KC_e^{1/n} = \frac{(C_0 - C_e)V}{M}$$

....(1)

Persamaan Freundlich adalah persamaan empiris yang digunakan untuk mendiskripsikan data adsorpsi *single adsorbate* sistem heterogen (padat-cair) dengan konsentrasi tinggi (Malarvizhi dan Sulochana, 2008; Tolba *et al*, 2011).

Tabel 2. Perbandingan Hasil Penelitian Untuk Kapasitas Adsorpsi

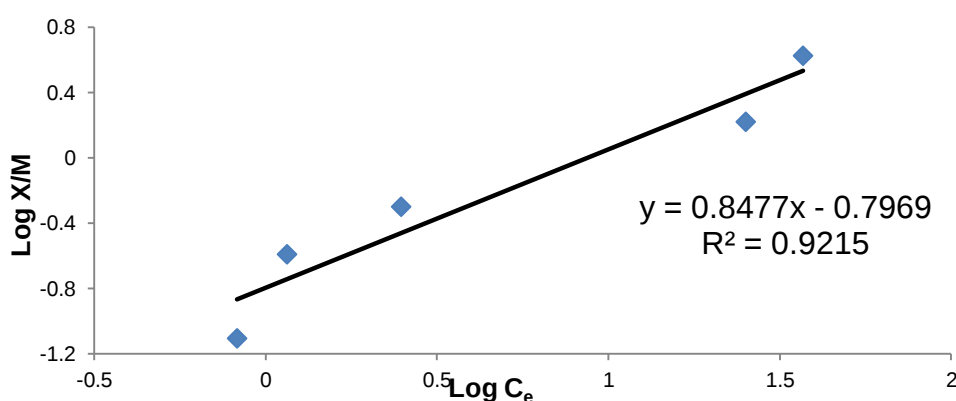
Peneliti	Tahun	Zat Warna	Adsorben	Kapasitas daya jerap			qe (mg/g)
				Massa (mg)	Volume (L)	Konsentrasi (ppm)	
Ningrum, <i>et al</i>	2008	<i>Remazol brilliant blue</i>	Karbon aktif (tempurung kelapa)	300	-	100	10.10
Fairus, <i>et al</i>	2009	<i>Methyl violet</i>	Karbon aktif	250	0.25	20	16.60
Ambas	2010	<i>Direct black 38</i>	Karbon aktif (cangkang biji ketapang)	40	0.5	8	74.54
Penelitian ini	2011	<i>Direct black 38</i>	Kitosan (limbah udang)	1500	0.1	100	4.21

Linearisasi Pers. (1) dilakukan untuk mendapatkan nilai dari parameter isoterm Freundlich (K dan $1/n$), sehingga persamaan tersebut lebih mudah diaplikasikan (Gambar 4). Hasil linearisasi model tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan secara cepat informasi tentang perilaku adsorpsi berbagai jenis bahan terlarut maupun berbagai jenis adsorben (Suprihatin dan Indrasti, 2010).

Setelah nilai parameter persamaan isoterm Freundlich diperoleh, kebutuhan adsorben dapat diperkirakan untuk keperluan praktis dengan Pers (2) berikut:

$$\frac{X}{M} = 0.16KC_e^{0.847} \quad \dots(2)$$

Sebagai ilustrasi, untuk menurunkan konsentrasi DB 38 (C_0) 100 mg/L menjadi konsentrasi (C_e) 0.005 mg/L dapat diperkirakan dengan cara sebagai berikut: sesuai dengan Pers. (2), untuk mencapai konsentrasi 0.005 mg/L diperoleh kapasitas adsorpsi DB 38 (X/M) sebesar 1.7995×10^{-3} mg/g kitosan. Hal ini berarti bahwa untuk mengolah 1 Liter sampel DB 38 diperlukan $X/(X/M)$, sekitar 56 g kitosan. Ilustrasi tersebut menunjukkan kebutuhan kitosan sangat ditentukan oleh kapasitas adsorpsi adsorben.



Gambar 4. Hubungan antara Log X/M terhadap Log C_e

KESIMPULAN

1. Penurunan konsentrasi zat warna DB 38 paling tinggi terjadi pada waktu 360 menit, massa adsorben 1.5 g yaitu sebesar 63.10% pada konsentrasi awal 100 ppm.
2. Data kapasitas adsorpsi kitosan dideskripsikan dengan model isotherm Freundlich. Kapasitas adsorpsi paling besar adalah 4.21 mg/g. Dosis kitosan menentukan kuantitas DB 38 yang teradsorpsi. Semakin banyak kitosan yang ditambahkan per satuan volume sampel akan meningkatkan massa DB 38 terlarut yang teradsorpsi, akan tetapi massa DB 38 yang teradsorpsi per satuan berat kitosan menurun.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, A.L., Harris, W.A., Syafiie dan Ooi Boon Seng, 2002, Removal of Dye from Wastewater of Textile Industry Using Membrane Technology, *Jurnal Teknologi*, 36(F), 31-44

Alinsafi, A., Khemis, M., Pons, M.N., Leclerc, J.P., Yaacoubi, A., Benhammou, A., Najmeddine, A., 2005, Electro-Coagulation of Reactive Textile Dyes and Textile Wastewater, *Chemical Engineering and Processing*, 44, 461-470

Allen, S.J., Koumanova, B., 2005, Decolourisation of Water/Wastewater Using Adsorption (Review), *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40, 3, 175-192

Ambas, M., 2010, Dekolorisasi Limbah Cair Pewarna *Direct Black 38* dari

Industri Sarung Samarinda Menggunakan Karbon Aktif Cangkang Biji Ketapang, *Laporan Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda

Arifin, Z., Irawan, D. dan Rahim, M., 2010, Pengolahan Limbah Udang Menjadi Kitosan Untuk Meningkatkan Kesejahteraan Nelayan di Kawasan Delta Mahakam Kutai Kartanegara, *Laporan Akhir Hibah Penelitian Strategis Nasional*, UP2M Politeknik Negeri Samarinda

Azhar, S.S., Liew, A.G., Suhardy, D., Hafiz, K.F., Hatim, M.D., 2005, Dye Removal from Aqueous Solution by Using Adsorption on Treated Sugarcane Bagasse, *American Journal of Applied Sciences*, 2(11), 1499-1503

Chatterjee, S., Lee, D.S., Lee, M.W., Woo, S.H., 2009, Congo Red Adsorption from Aqueous Solution by Using Chitosan Hydrogel Beads Impregnated with Nanionic of Anionic Surfactant, *Bioresource Technology*, 100, 3862-3868

Chiou, M.S., Kuo, W.S., Li, H.S., 2003, Removal of Reactive Dye from Wastewater by Adsorption Using ECH Cross-Linked Chitosan Beads as Medium, *Journal of Environmental Science and Health, Part A-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, Vol A38, No. 11, 2621-2631

Crini, G., Badot, P.M., 2008, Application of Chitosan, a Natural Aminopolysaccharide for Dye Removal from Aqueous Solutions by Adsorption Processes Using Batch Studies: A Review of Recent Literature, *Prog. Polym. Sci.*, 33, 399-447

Dutta, P.K., Dutta, J., Tripathi, V.S., 2004, Chitin and Chitosan: Chemistry, Properties and Application, *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 63, 20-31

- Fairus, S., Suhartono, J., Nurhayati., Ariefa, F., 2009, Studi Adsorpsi Zat Warna Methyl Violet Dengan Menggunakan Kulit Pisang, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, Fakultas Teknologi Industri, UPN Veteran, Yogyakarta
- Gupta, N., Kushwaha, A.K., Chattopadhyaya, M.C., 2011, Kinetics and Thermodynamics of Malachite Green Adsorption of Banana Pseudo-Stem Fibers, *Environmental Chemistry Research Laboratory*, 3(1), 284-296
- Hassani, A.H., Mirzayee, R., Nasser, S., Borghei, M., Gholami, M., Torabifar, B., 2008, Nanofiltration Process on Dye Removal from Simulated Textile Wastewater, *Int. J. Environ. Science Technology*, 5(3), 401-408
- Hu, Z.G., Zhang, J., Chan, W.L., Szeto, Y.S., 2006, The Sorption of Acid Dye onto Chitosan Nanoparticles, *Polymer*, (47), 3838-5842
- Iqbal, J., Wattoo, F.H., Wattoo, M.H.S., Malik, R., Tirmizi, Syed Ahmad, Imran, M., Ghangro, A.B., 2010, Adsorption of Acid Yellow Dye on Flakes of Chitosan Prepared from Fishery Wastes, *Arabian Journal of Chemistry*, King Saud University, xxx, xxx-xxx
- Konsowa, A.H., 2003, Decolorization of Wastewater Containing Direct Dye by Ozonation in A Batch Bubble Column Reactor, *Desalination*, 158, 233-240
- Kyzas, George, Z., Kocoglu, M., Lazaridis, Nikolaos, K., 2010, Relating Interaction of Dye Molecules with Chitosan to Adsorption Kinetic Data, *Langmuir Article*, 26(12), 9617-9626
- Ling, S.L.Y., Yee, C.Y., Eng, H.S., 2011, Removal of A Cationic Dye Using Deacetylated Chitin (Chitosan), *Journal of Applied Sciences*, 11(8), 1445-1448
- Lorimer, J.P., Mason, T.J., Plattes, M., Phull, S.S., Walton, D.J., 2001, Degradation of Dye Effluent, *Pure Appl. Chem.*, Vol. 73, No. 12, 1975-1968
- Low, K.S., Lee, C.K., Tan, K.K., 2005, Biosorption of Basic Dye by Water Hyacinth Roots, *Bioresource Technology*, 52, 79-83
- Malarvizhi, R. dan Sulochana, N., 2008, Sorption Isotherm and Kinetic Studies of Methylene Blue Uptake Onto Activated Carbon Prepared From Wood Apple Shell, *Journal of Environmental Protection Science*, Vol. 2, 40-46
- Ningrum, LP., Lusiana, RA., Nuryanto, R., 2008, Dekolorisasi Remazol Brilliant Blue dengan Menggunakan Karbon Aktif, *Seminar Tugas Akhir S1*, Fakultas MIPA, Universitas Diponegoro, Semarang
- Perju, M.M., Dragan, E.S., Removal of Azo Dye from Aqueous Solution Using Chitosan Based Composite Hydrogels, *Ion Exchange Letters*, 3, 7-11
- Pratiwi, Y., 2010, Penentuan Tingkat Pencemaran Limbah Industri Tekstil Berdasarkan *Nutriton Value Coeficient* Bioindikator, *Jurnal Teknologi*, Vol. 3, No. 2, 129-137
- Saha, T.K., Bhomik, N.C., Karmaker, S., Ahmed, M.G., Ichikawa, H., Fukumori, Y., 2010, Adsorption of Methyl Orange onto Chitosan from Aqueous Solution, *J. Water Resource and Protection*, 2, 898-906
- Salehi, R., Arami, M., Mahmoodi, N.M., Bahrami, S.H., 2011, Acid Dyes Removal Using Chitosan in Single and Binary Systems, *Journal of Color Science and Technology*, 199-206.
- Sharma, Y.C., Upadhyay, Uma, S.N., Gode, F., 2009, Adsorptive Removal of Basic Dye from Water and Wastewater by Activated Carbon,

Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation, 4 (1), 21-28

Suprihatin dan Indrasti, NS., 2010, Penyisihan Logam Berat Dari Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi, *Makara, Sains*, Vol. 14, No. 1, 44-50

Tan, I.A.W., Ahmad, A.L., Hameed, B.H., 2008, Adsorption of Basic Dye Using Activated Carbon Prepared from Oil Palm Shell: Batch and Fixed Bed Studies, *Desalination*, 225, 13-28

Tolba, R., Wu, G., dan Chen, A., 2011, Adsorption of Dietary Oils Onto Lignin For Promising Pharmaceutical and Nutritional Applications, *BioResources*, 6(2), 1322-1335

Zonoozi, Maryam H., Moghaddam, M.R.A., Arami, Mokhtar, 2008, Removal of Acid Red 398 Dye from Aqueous Solution by Coagulation/Flocculation Process, *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol 7, No. 6, 695-699