

PENGGUNAAN JERAMI PADI UNTUK MENYISIHKAN LIMBAH WARNA INDUSTRI TEKSTIL *COLOR INDEX REACTIVE ORANGE 84*

THE USE OF RICE STRAW TO ELIMINATE WASTE COLOR TEXTILE INDUSTRY *COLOR INDEX REACTIVE ORANGE 84*

Hendra Kurniawan¹, Suprihanto Notodarmojo²

Environmental Engineering Study Program
Faculty of Civil and Environmental Engineering
Institute Technology Bandung
¹rifat_exc@yahoo.co.id, ²suprihanto@tl.itb.ac.id

Abstract: *textile waste is often a problem in life, especially the day the color of waste disposed to the river without going through the processes first. Color is generally textile coloring organic compound with a chemical bond is complex and difficult to be degradation. Agricultural waste straw is big enough and has not been much used in everyday life. Most of the straw is burned into ashes and cause air pollution. The objective of this research is to know the ability or capacity of the straw adsorption pigment reactive textile Index Color Orange 84. In this research straw treated first with how to clean and wash the cut and then activated with the heating on hot plate using 2% NaOH solution, 10% and 20%. 100 mg of sample straw soaked in the solution Color Index reactive Orange 84 in 100ml volume concentration 2.5 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm and 30 ppm. Maximum removal efficiency 84.82% at 20 ppm of dye concentration. This adsorption following Langmuir Isotherm $S = \frac{-16,13-123,73C_e}{(1-123,75C_e)}$*

Keywords: *rice straw, adsorbent, reactive orange color index 84*

Abstrak: *Limbah tekstil seringkali menjadi masalah dalam kehidupan sehari-hari terutama menyangkut limbah warna yang sering dibuang ke sungai tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Warna tekstil umumnya merupakan pewarna organik yang memiliki ikatan senyawa kimia yang rumit dan sulit untuk terdegradasi. Jerami merupakan limbah pertanian yang cukup besar dan belum banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Sebagian besar jerami hanya dibakar menjadi abu dan menimbulkan pencemaran udara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan atau kapasitas adsorpsi jerami terhadap zat warna tekstil Color Index Reactive Orange 84. Dalam penelitian ini jerami diolah terlebih dahulu dengan cara mencuci sampai bersih dan kemudian dipotong dan diaktivasi dengan pemanasan pada hot plate menggunakan larutan NaOH 2%, 10% dan 20%. Sampel jerami seberat 100 mg direndam dalam larutan warna Color Index Reactive Orange 84 volume 100ml dalam konsentrasi 2,5ppm, 5ppm, 10ppm, 15ppm, 20ppm dan 30ppm. Efisiensi penyisihan maksimum sebesar 84.82% pada konsentrasi 20ppm dan proses penyisihan ini mengikuti Isoterm Langmuir sebagai isotherm yang dapat menukur kapasitas adsorpsi dengan persamaan $S = \frac{-16,13-123,73C_e}{(1-123,75C_e)}$*

Kata kunci: *jerami padi, adsorben, color index reactive orange 84*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri tekstil di Indonesia semakin pesat, terutama di daerah Bandung. Meningkatnya jumlah industri tekstil selain dapat meningkatkan perekonomian akan tetapi juga memiliki dampak negatif dan membahayakan lingkungan. Efek negatif dari industri tekstil salah satu adalah air limbahnya yang mengandung zat organik yang tinggi dari hasil pencelupan dan apabila dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat memperburuk kualitas badan air, karena zat warna ini akan sulit didegradasi secara alami di badan air.

Pada umumnya pengolahan limbah tekstil ini dilakukan dengan cara koagulasi dan filtrasi. Akan tetapi dalam penelitian ini, akan diteliti kemungkinan penyerapan zat organik dalam air limbah tekstil menggunakan jerami padi sebagai adsorben.

Jerami padi merupakan limbah pertanian yang cukup besar jumlahnya dan belum banyak dimanfaatkan karena dianggap tidak memiliki nilai ekonomis. Disamping itu saat ini perkembangan industri tekstil di Indonesia khususnya kota Bandung semakin meningkat dan kebanyakan industri tersebut adalah industri kecil menengah yang tidak memiliki IPAL yang memadai untuk mengelola limbah hasil proses industri tekstil tersendiri, maka dari itu diperlukan sebuah pengelolaan limbah tekstil yang lebih sederhana dengan memanfaatkan limbah jerami padi agar limbah yang akan dibuang ke lingkungan memenuhi standard dan baku mutu.

Sedangkan *Adsorpsi* memiliki pengertian sebagai peristiwa penyerapan / pengayaan (*enrichment*) suatu komponen di daerah antar fasa. Dengan adanya penelitian sebelumnya mengenai penyerapan zat warna tekstil menggunakan jerami padi maka diharapkan jerami padi yang dibuat menjadi adsorben juga efektif untuk menurunkan kadar zat organik dalam limbah tekstil.

Fenomena adsorpsi sendiri merupakan pengaruh dari gaya kohesi seperti ikatan valensi dan gaya tarik Van der Waals. Molekul-molekul tersebut saling mengikat kesemua arah sehingga dicapai suatu titik keseimbangan (*equilibrium*). Akan tetapi molekul lapisan terluar suatu zat padat mempunyai gaya tarik yang tidak diimbangi oleh molekul lainnya seperti zat cair dan gas sehingga permukaan zat padat dapat menangkap molekul fluida yang berdekatan. Fenomena ini dikenal dengan istilah adsorpsi pada permukaan adsorben.

Terdapat dua metoda adsorpsi, yaitu adsorpsi secara fisik dan adsorpsi secara kimia. Kedua metoda ini terjadi ketika molekul dalam fase cair melekat pada permukaan padat sebagai gaya tarik menarik pada permukaan zat padat (adsorben) untuk mengatasi energy kinetic molekul pencemar pada fase cair (adsorbat).

Adsorpsi secara fisik terjadi jika molekul adsorbat terikat secara fisik pada molekul adsorben yang diakibatkan oleh perbedaan energy atau gaya Van der Waals. Adsorpsi ini akan membentuk lapisan-lapisan. Jumlah lapisan sebanding dengan konsentrasi pencemar. Hal ini berarti dengan semakin tinggi konsentrasi pencemar dalam larutan menyebabkan meningkatnya lapisan molekul. Proses adsorpsi fisik ini bersifat reversible dan reversibilitasnya tergantung pada kekuatan tarik menarik antara molekul adsorbat dengan molekul adsorben.

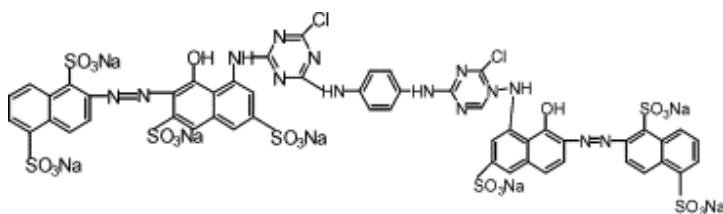
Adsorpsi secara kimia terjadi jika senyawa kimia dihasilkan dari reaksi antar molekul adsorbat dan molekul adsorben. Proses ini membentuk lapisan molekul yang tebal dan bersifat irreversible. Untuk membentuk senyawa kimia diperlukan energy dan energy juga diperlukan untuk membalikan proses ini, sehingga proses adsorpsi kimia ini bersifat irreversible.

Terdapat beberapa parameter khusus yang mempengaruhi proses adsorpsi dari senyawa organik, tergantung dari beberapa karakteristik senyawa organik tersebut, diantaranya

- Konsentrasi
- Berat molekul
- Struktur molekul
- Tingkat kepolaran molekul
- Temperatur
- pH

Kecepatan adsorpsi merupakan hal yang terpenting dalam penentuan kapasitas adsorpsi suatu senyawa. Kecepatan untuk mencapai titik keseimbangan (equilibrium) tergantung pada beberapa faktor diatas, akan tetapi faktor yang paling berpengaruh dalam penentuan kecepatan adsorpsi adalah lamanya waktu kontak antara adsorben dengan sorbatnya.

Pada penelitian ini digunakan senyawa organik berupa pewarna tekstil Color Index Reactive Orange 84. Pewarna ini merupakan pewarna yang berasal dari kelas azo. Warna ini digunakan dengan pertimbangan bahwa zat warna tersebut umum dipergunakan pada industry tekstil di Indonesia khususnya untuk pemakaina jenis kain katun dan polyester. Karakterisasi zat warna dilakukan untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dan kimia dari zat warna tekstil yang akan dipergunakan didalam penelitian ini, termasuk penentuan panjang gelombang efektif penyerapan zat warna dengan menggunakan alat Spectrofotometer dan membuat kurva kalibrasi pada panjang gelombang dominan.



Gambar 1. Struktur molekul Color Index Reative Orange 84

2. METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Penelitian Air, Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.

Pembuatan Adsorben

Absorben dibuat dari jerami padi yang diambil setelah masa panen di daerah Banjarnegara, Kabupaten Bandung. Jerami ini kemudian di cuci bersih untuk menghilangkan debu dan kotoran dan kemudian dipotong-potong dengan ukuran lebih kurang 1 cm.

Aktivasi Adsorben

Jerami yang telah berukuran 1cm kemudian diaktivasi menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi berbeda yaitu 2%, 10% dan 20%. Aktivasi adsorben ini dilakukan dengan cara merendam jerami kedalam larutan NaOH pada masing-masing konsentrasi kemudian dipanaskan diatas hot plate selama 30 menit.

Pengeringan Adsorben

Jerami yang telah di aktivasi kemudian dicuci bersih sampai NaOH yang menempel pada potongan jerami hilang. Pencucian dilakukan dengan menggunakan air keran dan kemudian dilanjutkan dengan aquadest. Jerami yang telah dicuci dan bebas dari NaOH kemudian dikeringkan di udara terbuka selama lebih kurang sehari. Dan untuk memastikan kadar airnya hilang, jerami perlu di oven pada suhu 105°C selama 2 jam.

Pembuatan Spektrum Adsorpsi Zat Warna

Pembuatan larutan warna Color Index Reactive Orange 84 dengan konsentrasi 5ppm dalam 100ml. Kemudian diukur adsorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang bervariasi dari 390nm, 400nm, 410nm, 420nm, 430nm, 440nm, 450nm, 460nm, 470nm, 480nm, 490nm, 496nm, 500nm, 510nm, 520nm, 530nm, 540nm dan 550nm.

Pembuatan Zat Warna dan Pengukuran Adsorbansi

Pembuatan zat warna Color Index Reactive Orange 84 dengan konsentrasi 2.5ppm, 5ppm, 10ppm, 15ppm, 20ppm dan 30ppm dalam 100ml. Zat warna dengan konsentrasi berbeda ini kemudian direndam dengan adsorbent jerami dengan berat 100mg untuk masing-masing sampel kemudian adsorbansi diukur secara berkala dalam selang waktu 1, 2 dan 24 jam.

Pembuatan Kurva Isoterm

Data absorbansi yang telah mencapai titik kesetimbangan (equilibrium) kemudian dibuat menjadi kurva Isoterm Langmuir dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{q_m K_{ads} C_e}{(1 + K_{ads} C_e)}$$

Dengan

S : jumlah massa zat teradsorpsi per satuan berat (massa) sorbent (mg/g sorbent)

K_{ads} : konstanta energi ikatan (mg/l)

q_m : tetapan kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g sorbent)

C_e : konstanta larutan setelah ekuilibrium (mg/l)

Dan persamaan Isotherm Freundlich sebagai berikut:

$$S = K_f C_e^n$$

Dengan

S : jumlah massa zat teradsorpsi per satuan berat (massa) sorbent (mg/g sorbent)

K_f : konstanta, jika $n=1$ maka disebut koefisien distribusi

C_e : konsentrasi kesetimbangan sorbat dalam larutan (mg/L)

n : konstanta dengan nilai kecil dari 1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

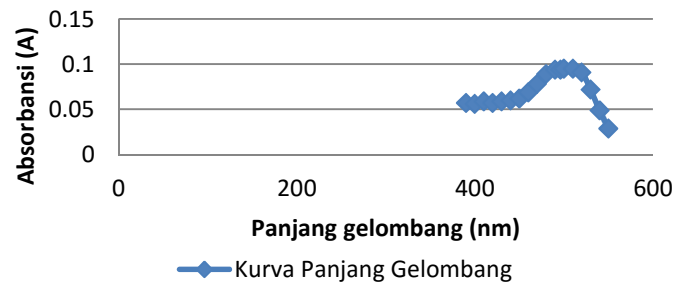
Kurva Penyerapan Warna Optimum

Larutan Color Index Reactive Orange 84 dibuat dengan konsentrasi 5ppm dalam 100ml dan diukur adsorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang bervariasi. Dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel absorbansi terhadap panjang gelombang

Panjang Gelombang	Absorbansi
390	0,057
400	0,056
410	0,059
420	0,057
430	0,059
440	0,06
450	0,062
460	0,069
470	0,078
480	0,089
490	0,094
496	0,094

Panjang Gelombang	Absorbansi
500	0,095
510	0,095
520	0,091
530	0,072
540	0,049
550	0,029



Gambar 2. Kurva Panjang Gelombang Optimal Color Index Reactive Orange 84

Dari hasil pengukuran panjang gelombang dengan menggunakan spektrofotometer didapatkan panjang gelombang optimal color index reactive orange 84 adalah 500nm dengan panjang adsorbansi 0.095A.

Kurva Kalibrasi

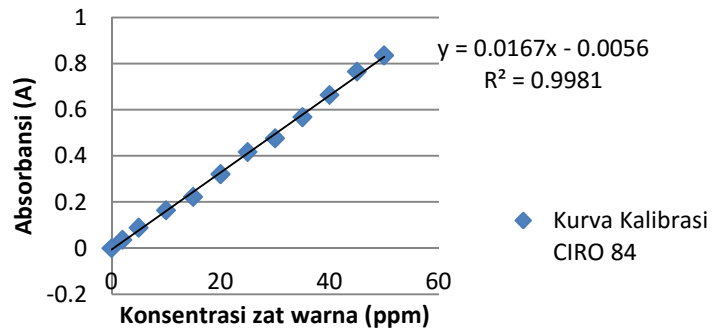
Kurva kalibrasi ini dibuat dengan tujuan untuk menentukan persamaan yang representatif antara absorbansi dengan konsentrasi zat warna. Kurva kalibrasi zat warna Color Index Reactive Orange 84 memiliki persamaan $y = 0.016x - 0.005$ dengan $R^2=0,998$

Berikut data pengukuran absorbansi zat warna pada panjang gelombang 500nm diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Tabel absorbansi terhadap konsentrasi zat warna

Konsentrasi (ppm)	Adsorbansi (A)
0	0
2	0,036
5	0,089
10	0,165
15	0,222
20	0,321
25	0,417
30	0,477
35	0,568

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (A)
40	0,664
45	0,765
50	0,835



Gambar 3. Kurva Kalibrasi Color Index Reactive Orang 84

Aktivasi Adsorben

Aktivasi adsorben dilakukan dengan merendam potongan jerami dengan NaOH pada konsentrasi berbeda yaitu 2%, 10% dan 20%. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan silikat dalam jerami. Dengan hilangnya silikat dalam jerami ini maka diharapkan rongga jerami akan semakin membesar sehingga memungkinkan proses adsorpsi berjalan lebih baik. Pada pengaktifan jerami ini dilakukan dengan memanaskan sampel pada hot plate selama kurang lebih 30 menit. Hal ini bertujuan untuk membukakan rongga selulosa sehingga NaOH dapat masuk dengan mudah ke dalam struktur selulosa dan bereaksi dengan silikat yang ada pada jerami sehingga membentuk natrium silikat.

Berikut hasil aktivasi terhadap 3 konsentrasi NaOH yang berbeda-beda:

Tabel 3. Tabel absorbansi terhadap konsentrasi NaOH aktivasi

Konsentrasi NaOH	Absorbansi Awal	Absorbansi setelah					
		1 jam			24jam		
		1	2	3	1	2	3
2%	0.088	0,091	0,092	0,094	0,087	0,082	0,087
10%		0,093	0,089	0,093	0,099	0,089	0,087
20%		0,096	0,086	0,097	0,087	0,086	0,09

Tabel 4. Penurunan konsentrasi zat warna color index reactive orange 84 terhadap konsentrasi NaOH aktivasi

Konsentrasi NaOH	Konsentrasi Awal	Konsentrasi setelah (mg)					
		1 jam			24jam		
		1	2	3	1	2	3
2%	5,8125	6	6,0625	6,1875	5,75	5,4375	5,75
10%		6,125	5,875	6,125	6,5	5,875	5,75
20%		6,3125	5,6875	6,375	5,75	5,6875	5,9375

Tabel 5. Rata-rata penurunan konsentrasi warna color index reactive orange 84 terhadap konsentrasi NaOH aktivasi

Konsentrasi NaOH	Konsentrasi Rata-Rata (mg)	
	1 jam	24 jam
2%	0,001557333	0,001445333
10%	0,001546667	0,001546667
20%	0,001568	0,001482667

Pengukuran Absorbansi

Pengukuran dilakukan secara berkala dalam rentang waktu 1 hari. Hal ini dilakukan untuk melihat penurunan konsentrasi zat warna terhadap waktu. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 500nm.

Berikut hasil pengukuran absorbansi zat warna terhadap waktu:

Tabel 6. Absorbansi zat warna color index reactive orang pada beberapa interval waktu

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (hari ke-)						
	0	1	2	3	4	5	7
2.5	0.067	0.053	0.038	0.043	0.1	0.003	0.026
5	0.117	0.11	0.072	0.076	0.045	0.004	0.027
10	0.203	0.177	0.142	0.132	0.098	0.027	0.029
15	0.285	0.234	0.206	0.175	0.131	0.061	0.042
20	0.377	0.324	0.298	0.265	0.218	0.109	0.053
30	0.543	0.522	0.445	0.41	0.065	0.225	0.137

Tabel 7. Konsentrasi zat warna color index reactive orang pada beberapa interval waktu

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi (hari ke-)						
	0	1	2	3	4	5	7
2,5	4.500	3.625	2.688	3.000	6.563	0.500	1.938
5	7.625	7.188	4.813	5.063	3.125	0.563	2.000
10	13.000	11.375	9.188	8.563	6.438	2.000	2.125
15	18.125	14.938	13.188	11.250	8.500	4.125	2.938
20	23.875	20.563	18.938	16.875	13.938	7.125	3.625
30	34.250	32.938	28.125	25.938	4.375	14.375	8.875

Untuk mencapai titik kesetimbangan atau kestabilan, adsorben yang terbuat dari jerami padi yang diaktivasi ini memerlukan waktu detensi selama 7 hari dengan efisiensi penyisihan optimum 84.82% pada konsentrasi 20ppm.

Parameter pH

Dilakukan pengukuran terhadap parameter pH untuk memastikan bahwa didalam proses adsorpsi ini terjadi proses pertukaran ion antara zat warna dengan adsorben jerami.

Tabel 8. Perubahan pH selama proses adsorpsi

Konsentrasi (ppm)	pH (hari ke-)						
	0	1	2	3	4	5	7
2,5	7.47	8.81	8.32	7.92	6.91	6.35	5.59
5	7.47	8.83	8.47	7.93	7.47	6.57	5.51
10	7.47	8.89	8.56	8.05	7.26	6.76	5.45
15	7.46	8.93	8.52	7.89	7.28	6.63	5.35
20	7.45	8.93	8.47	8.03	7.32	6.7	5.52
30	7.45	8.99	8.33	7.82	7.3	6.28	5.43

Isoterm Adsorpsi

Dari data penurunan konsentrasi zat warna terhadap waktu sampai mencapai titik ekuilibrium, maka dapat ditentukan isotherm Langmuir. Isoterm Langmuir ini menyatakan persamaan adsorpsi untuk adsorben jerami padi terhadap zat warna color index reactive orang 84.

Dari perhitungan didapatkan persamaan Isoterm Langmuir

$$S = \frac{-16,13 - 123,73C_e}{(1 - 123,75C_e)}$$

Dengan Kads sebesar 1.6 mg/l dan qm sebesar 1.46 mg/g sorbent

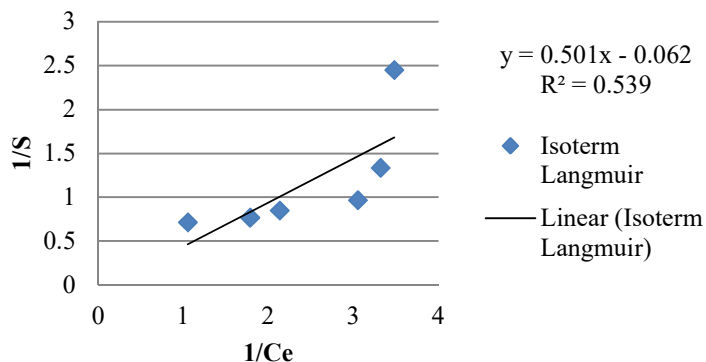
Dan persamaan Isoterm Freundlich

$$S = 2,89C_e^{1,45}$$

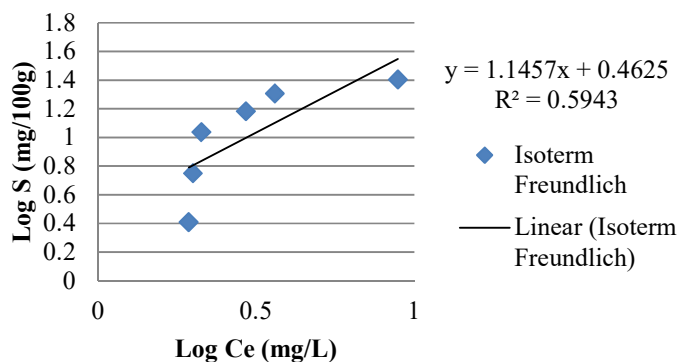
Dengan Kf sebesar 2,89 dan konstanta n=1,45

Tabel 8. Table perhitungan isoterm adsorpsi

Konsentrasi	2,5ppm	5ppm	10ppm	15ppm	20ppm	30ppm
Kalibrasi (ppm)	4.500	7.625	13.000	18.125	23.875	34.250
Konsentrasi seimbang (Ce)	1.938	2.000	2.125	2.938	3.625	8.875
Log Ce	0.287	0.301	0.327	0.468	0.559	0.948
mg/100g adsorben (S)	2.562	5.625	10.875	15.188	20.250	25.375
Log S	0.409	0.750	1.036	1.181	1.306	1.404
1/Ce	3.481	3.322	3.055	2.137	1.788	1.055
1/S	2.447	1.333	0.965	0.846	0.765	0.712



Gambar 4. Isoterm Langmuir



Gambar 5. Isoterm Freundlich

4. KESIMPULAN

Dari penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa jerami padi cukup efektif dalam menyingkahkan warna color index reactive orange 84 dengan efisiensi maksimum 84,82%. Penyisihan zat warna color index reactive orang 84 ini mengikuti Isoterm Langmuir sebagai Isoterm yang menggambarkan kapasitas adsorpsi zat warna dengan persamaan $S = \frac{-16,13 - 123,73C_e}{(1 - 123,75C_e)}$. Dan dalam proses ini terjadi perubahan pH yang mengindikasikan terjadi pertukaran antara gugus reaktif Cl pada zat warna dengan gugus selulosa sehingga dihasilkan asam HCl yang dapat menurunkan pH larutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Eckenfelder, W Wesley Jr. 1981. Application of Adsorption to Wastewater Treatment. Enviro Press Inc. Nashville.
- Glysson, E.A, D.E. Swan, E.J.Way. 1985. Innovation in the Water and Wastewater Field. An Ann Arbor Science Book. Boston.
- Hussein, M, Amer, A, El-maghraby, Azza, Taha, A Nahla.2007.Utilization of Barley as a Source of a Activated Carbon for Removal of Mathylen Blue from Aqueous Solution.Journal of Applied Science Reseach.vol 3(11).page 1352-1358.
- Kisswanto, Hanggara, Sudrajat, Li Sheila, Sathiyavisal, Pen, Ngah, C Angela. 2009. Adsorption of Dye by Mesoporous Carbon (CMK-1). Journal of Applied Science in Environment Sanitation.vol(5).30-41
- Miles, Frank Douglas.1955. Cellulose Nitrate. Oliver and Boyd. London
- Montane, Daniel, Farriol, Xavier, Salvado, Joan.1998.Fraction of Wheat Straw by Steam explosion Pretreatment and Alkali Delignification Cellulose Pulp and Byproducts from Hemicellulose and Lignin. Journal of Wood and Technology. Vol18(2).171-191.
- Ncibi, M.C, Mahjoub, B, Seffen, M.2007.Adsorptive Removal of Textile Reactive Dye Usiang Posidonia Oceania (L.) Fibrous Biomass.Int Journal Environment Science Technology.vol 4(4).433-440.
- Notodarmojo, Suprihanto.2005. Pencemaran Tanah dan Air Tanah. Penerbit ITB. Bandung.
- O.S, Amuda, A.O Ibrahim.2005.Industrial Wastewater Treatment Using Natural Material as Adsorbent.African Journal of Biotechnology.vol. 5(16).1483-1487.
- Walker, G.M, Wjeaterley L.R.2001.Adsorption of dye from Aqueous Solution; The Effect of Adsorbent Pore Size Distribution and Dye Aggregation.Chemical Engineering Journal.83(3).201-206.