

KINETIK DAN KESEIMBANGAN
JERAPAN PEWARNA KATION PADA
TUF VOLKANO

SIM MEI SIN

DISERTAI INI DIKEMUKAKAN UNTUK
MEMENUHI SEBAHAGIAN DARI SYARAT MEMPEROLEHI
IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM KIMIA INDUSTRI
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

MAC 2005



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: kinetik dan keseimbangan prapan pewarna
kation pada tuf vulkano.

Ijazah: sarjana muda kejuruan (kimia industri)

SESI PENGAJIAN: 2004/05

Saya SIM MEI SIN

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

li
(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 6, Tmn. Mas
2nd, Jln. Tunj, 84000

Encik Jahimin Agik

Nama Penyalia

Muar, Johor

Tarikh: 21/3/05

Tarikh: _____

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana socara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

20 Mac 2005



SIM MEI SIN

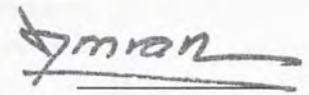
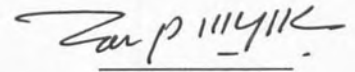
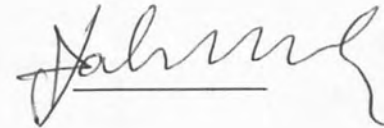
HS2002-3768



PENGESAHANAN PEMERIKSA**DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

1. **PENYELIA**
(PROF. MADYA DR. MARCUS JOPONY)
2. **PEMERIKSA 1**
(ENCIK JAHIMIN ASIK)
3. **PEMERIKSA 2**
(ENCIK MOH PAK YAN)
4. **DEKAN**
(PROF.MADYA DR. AMRAN AHMED)



PENGHARGAAN

Terlebih dahulu, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Sekolah Sains dan Teknologi, Universiti Malaysia Sabah yang telah berusaha menyediakan pelbagai kemudahan peralatan dan memberi peluang kepada saya untuk menjalankan projek ini.

Setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Marcus Jopony selaku penyelia saya kerana sentiasa memberi pengetahuan yang berguna sepanjang tempoh ilmiah ini dijalankan.

Di samping itu, saya ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada semua kakitangan dan pembantu makmal atas bantuan yang diberikan semasa menjalankan kerja-kerja makmal.

Selain itu, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan yang banyak membantu dan memberi semangat juang untuk saya menyudahkan disertai ini.

Khas buat keluarga tercinta, terima kasih di atas sokongan dan dorongan moral yang telah diberikan sepanjang tiga tahun pengajian saya di sini.

Akhir kata, saya ingin mengucapkan terima kasih sekali lagi kepada sesiapa juga yang telah terlibat dalam menjayakan ini sama ada secara langsung ataupun tidak langsung.



ABSTRAK

Jerapan pewarna kation (Brilliant Green) oleh tuf volkano tempatan telah dikaji dengan kaedah kelompok pada keadaan masa, kepekatan awal pewarna dan nisbah pepejal-larutan yang berlainan. Kepekatan akhir pewarna Brilliant Green ditentukan pada $\lambda = 625$ nm menggunakan spektrometer UV/Vis. Hasil yang diperolehi menunjukkan tuf volkano merupakan penjerap pewarna kation yang efisien. Pada keadaan kepekatan awal 10-500 $\mu\text{g/mL}$ jerapan pewarna adalah lengkap atau menghampiri 100 %. Jerapan berlaku dengan pantas dan keseimbangan tercapai pada masa 10 minit. Jerapan adalah mematuhi kepada kinetik pseudo kedua ($R^2 = 0.9999$ dan 1.000), isoterma jerapan Langmuir ($R^2 = 0.8429$ dan 0.8598) dan isoterma Freundlich ($R^2 = 0.9777$ dan 0.8729). Pewarna yang terjerap didapati sukar ternyahjerap ($< 2\%$), dan ini menunjukkan interaksi kimia antara kation Brilliant Green dengan permukaan tuf volkano.



KINETICS AND EQUILIBRIUM OF CATIONIC DYE ADSORPTION ON VOLCANIC TUFF.

ABSTRACT

Adsorption of a cationic dye (Brilliant Green) on locally available volcanic tuff was studied by batch technique at different contact time, initial dye concentration, and solid-solution ratio. The final dye concentration was measured at $\lambda = 625$ nm using UV/Vis spectrometer. The results showed that the volcanic tuff was an excellent sorbent for the cationic dye. Complete or $\sim 100\%$ removal was achieved for a wide range (10 – 500 $\mu\text{g/mL}$) of initial concentration. The adsorption was rapid, and equilibrium was attained within 10 minutes. The adsorption conforms to pseudo-second order kinetic ($R^2 = 0.9999$ and 1.000), Langmuir adsorption isotherm ($R^2 = 0.8429$ and 0.8598) and Freundlich adsorption isotherm ($R^2 = 0.9777$ and 0.8729). The adsorbed dye was not readily desorbed ($< 2\%$), indicating a strong chemical interaction between the Brilliant Green cation with the surfaces of volcanic tuff.



KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI FOTO	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xiv
SENARAI SIMBOL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 PENGENALAN	1
1.2 OBJEKTIF KAJIAN	2
1.3 SKOP KAJIAN	3
BAB 2 ULASAN LITERATUR	
2.1 PEWARNA	
2.1.1 Teori Asas	4
2.1.2 Jenis dan Pengkelasan Pewarna	5
2.1.3 Impak Sekitaran oleh Pewarna	8
2.2 RAWATAN EFLUEN INDUSTRI	8
2.2.1 Rawatan Pewarna Efluen Industri	9
a. Rawatan Secara Fotokimia	10
b. Rawatan Secara Pemendakan	10
c. Rawatan Secara Dissolved Air Flotation	13
d. Rawatan Secara Jerapan	14



2.3	PROSES JERAPAN	14
2.3.1	Teori Asas	14
2.3.2	Kinetik Jerapan	15
a.	Persamaan Tertib Pseudo-Pertama	15
b.	Persamaan Tertib Pseudo-Kedua	16
2.3.3	Keseimbangan Jerapan	17
a.	Model Jerapan Langmuir	17
b.	Model Jerapan Freundlich	19
2.3.4	Pengaruh Faktor-faktor Lain Terhadap Jerapan	19
a.	Suhu	19
b.	Kesan pH	21
c.	Luas Permukaan dan Struktur Liang Permukaan Penjerap	21
d.	Saiz Partikel Penjerap	21
e.	Faktor Masa	22
f.	Kesan Kepekatan Awal Larutan Bahan Dijerap	22
2.4	TUF VOLKANO	23
BAB 3	BAHAN DAN KAEDAH	
3.1	BAHAN PENJERAP	24
3.2	BAHAN PEWARNA	25
3.2.1	Jenis Pewarna	25
3.2.2	Penyediaan Larutan Stok Pewarna	25
3.2.3	Penyediaan Larutan Kerja Pewarna	26
3.3	EKSPERIMEN JERAPAN	27
3.3.1	Kesan Masa Terhadap Jerapan	27
3.3.2	Kesan Kepekatan Larutan Pewarna Terhadap Jerapan	28
3.3.3	Kesan Amaun Tuf Volkano Terhadap Jerapan	28
3.4	ANALISIS PEWARNA BRILLIANT GREEN	29
3.4.1	Penyediaan Larutan Piawai	29
3.4.2	Penyediaan Graf Kalibrasi	31
3.4.3	Penentuan Kepekatan Pewarna	31
3.4.4	Pengiraan	32



BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	JERAPAN PEWARNA BRILLIANT GREEN	33
4.2	PENGARUH MASA TERHADAP JERAPAN	34
4.3	PENGARUH KEPEKATAN AWAL TERHADAP JERAPAN	37
4.4	PENGARUH NISBAH/ AMAUN PENJERAP	43
4.5	NYAHJERAPAN	44
4.6	MEKANISME JERAPAN	45
BAB 5	KESIMPULAN DAN CANDANGAN	
5.1	KESIMPULAN	46
5.2	CADANGAN	46
RUJUKAN		47
LAMPIRAN		51



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
2.1	Jenis-jenis pewarna dan ciri-ciri am pewarna	6
2.2	Contoh-contoh kajian jerapan pewarna dengan penjerap yang berbeza	10
2.3	Contoh kajian jerapan pewarna dijalankan dengan menggunakan model kinetik	18
2.4	Contoh kajian jerapan pewarna dijalankan dengan menggunakan model isoterma	20
2.5	Pengaruh saiz partikel penjerap terhadap magnitud dan kadar jerapan	22
3.1	Spesifikasi rekabentuk eksperimen untuk kesan masa terhadap jerapan pewarna pada tuf volkano	29
3.2	Spesifikasi rekabentuk eksperimen untuk kesan kepekatan awal terhadap jerapan pewarna pada tuf volkano	30
3.3	Spesifikasi rekabentuk eksperimen untuk kesan amaun tuf volkano terhadap jerapan pewarna pada tuf volkano	30
4.1	Perbandingan jerapan oleh tuf volkano pada pewarna Brilliant Green dan air suling	44



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
2.1 Neutral Red, $C_{14}H_{14}N_3C$	8
2.2 Pelbagai unit proses digunakan dalam rawatan bahan buangan industri	11
2.3 Punca dan rawatan pada bahan buangan industri	12
2.4 Pengoksidaan sisa organik secara biologi	12
2.5 Rekabentuk Dissolved air flotation unit dengan recycle flow pressurization	13
2.6 Interaksi antara penjerap dan bahan dijerap	15
2.7 Menunjukkan kadar jerapan acid Orange 51 pada kepekatan awal yang berlainan	23
3.1 Tuf Volkano yang terdapat di Lahad Datu, Sabah	24
3.2 Brilliant Green	26
4.1 Perubahan peratus jerapan pewarna Brilliant Green pada sampel tuf volkano dengan masa ($C_0 = 50 \mu\text{g/mL}$)	34
4.2 Graf kinetik tertib pseudo-kedua pada masa 10-120 minit	36
4.3 Graf kinetik tertib pseudo-kedua pada masa 10-60 minit	36
4.4 Graf kinetik model resapan intrapartikel	37
4.5 Pengaruh kepekatan awal terhadap peratusan jerapan Brilliant Green pada masa jerapan 120 minit	38
4.6 Isoterma jerapan untuk Brilliant Green pada kepekatan $10 \mu\text{g/mL}$ hingga $50 \mu\text{g/mL}$	39
4.7 Isoterma jerapan untuk Brilliant Green pada kepekatan $100 \mu\text{g/mL}$ hingga $500 \mu\text{g/mL}$	39
4.8 Isoterma Langmuir untuk Brilliant Green pada kepekatan awal $10-50 \mu\text{g/mL}$	40
4.9 Isoterma Langmuir untuk Brilliant Green pada kepekatan awal $100-500 \mu\text{g/mL}$	41
4.10 Isoterma Freundlich untuk Brilliant Green pada kepekatan awal $10-50 \mu\text{g/mL}$	42



- 4.11 Isoterma Freundlich untuk Brilliant Green pada kepekatan awal 100-500 $\mu\text{g/mL}$ 42
- 4.12 Magnitud jerapan pewarna pada keadaan berat tuf volkano yang berbeza 43



SENARAI FOTO

No. Foto		Muka Surat
3.1	Tuf volkano dengan saiz partikel < 500 μm (0.5 mm)	25
3.2	Mesin penggoncang mekanik, model 721	28
3.3	Hach model DR2000	31
4.1	Perubahan keamatan (intensiti) warna hijau pewarna	33



SENARAI LAMPIRAN

Lampiran	Muka Surat
A. Graf kalibrasi bagi Brilliant Green	51
B. Data-data bagi pengaruh masa terhadap jerapan	52
C. Data-data bagi pengaruh kepekatan awal terhadap jerapan	55
D. Data-data bagi pengaruh nisbah/amaun penjerap	58
E. Pengiraan bagi isoterma Langmuir	59
F. Pengiraan bagi isoterma Freundlich	61



SENARAI SIMBOL

a_L	pemalar Langmuir, mL/ μ g
C_e	kepekatan keseimbangan pewarna, μ g/mL
C_f	kepekatan akhir pewarna
C_i	kepekatan awal pewarna
k	pemalar kadar pseudo-kedua, g/ μ g min
k_1	pemalar kadar pseudo-pertama, min ⁻¹
K_F	pemalar Freundlich, (μ g/g) (mL/ μ g) ^{1/n}
q_e	amaun terjerap pada keadaan keseimbangan, μ g/g
q_t	amaun terjerap pada masa t, μ g/g
t	masa, min
V	isipadu pewarna
X_m	amaun maksimum pewarna yang terjerap, μ g/g
Y_e	amaun pewarna yang terjerap, μ g/g



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Efluen industri boleh mengandungi satu atau lebih bahan pencemar. Industri tekstil contohnya, menghasilkan efluen yang mempunyai kandungan bahan pewarna yang tinggi (Faria *et al.*, 2003). Pelepasan langsung efluen seumpama ini ke sekitaran boleh menyebabkan pencemaran air (Ahmed *et al.*, 1992; Lin, 1993; Faria *et al.*, 2003; Tsai *et al.*, 2004). Sehubungan itu efluen industri hendaklah dirawat sebelum dibuang ke sekitaran.

Pelbagai kaedah rawatan boleh dilakukan untuk menyingkirkan bahan pewarna dari efluen industri. Teknologi sedia ada termasuklah pengozonan, degradasi fotokimia, koagulasi, sedimentasi, pengoksidaan, osmosis songsang, penurasan ultra, flotasi dan pemendakan (Namasivayam *et al.*, 2001; Shekinah *et al.*, 2002; Wong *et al.*, 2003; Waranusantigul *et al.*, 2003; Walker *et al.*, 2003; Doğan *et al.*, 2004). Kaedah-kaedah ini berbeza dari segi keberkesanan dan kos.

Kaedah jerapan dianggap antara kaedah yang cukup efektif dan murah untuk rawatan efluen industri (Ahmed dan Ram., 1992; Namasivayam *et al.*, 2001; Tsai *et*



al., 2004). Kaedah ini menggunakan bahan penjerap tertentu dan yang paling banyak digunakan ialah karbon aktif. Walau bagaimanapun penjerap ini adalah mahal (Lin, 1993b; Namasivayam *et al.*, 2001). Sehubungan itu pelbagai penjerap yang lebih murah telah dikaji kesesuaiannya untuk rawatan pewarna. Ini termasuklah tanah gambut (Ho dan Mckay, 1998), *bleaching earth* (Tsai *et al.*, 2004), batu arang (Mohan *et al.*, 2002), *perlite* (Doğan *et al.*, 2004), zeolit (Meshko *at al.*, 2001), dolomit (Walker *et al.*, 2003), kitosan (Wong *et al.*, 2003) dan bentonit (Özcan dan Özcan, 2004).

Tuf volkano (*Volcanic tuff*) merupakan sejenis sumber alam atau sumber geologi yang cirinya banyak menyerupai ciri bentonit dan zeolit (Silber *et al.*, 1999). Walau bagaimanapun tidak banyak yang diketahui mengenai keupayaan bahan ini sebagai bahan penjerap (Silber *et al.*, 1999). Bahan ini juga boleh ditemui di Malaysia, khususnya di negeri Sabah.

1.1 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif kajian ini adalah untuk:

- a) menentukan kebolehan tuf volkano sebagai penjerap untuk menjerap pewarna jenis kation.
- b) menentukan kesan masa terhadap jerapan pewarna pada tuf volkano.
- c) menentukan kesan kepekatan pewarna terhadap jerapan pewarna pada tuf volkano.
- d) menentukan kesan nisbah pepejal-larutan terhadap jerapan pewarna.



1.2 SKOP KAJIAN

Dalam kajian ini eksperimen kelompok jerapan (*batch adsorption experiments*) melibatkan tuf volkano sebagai bahan penjerap dan pewarna Brilliant Green (sejenis pewarna kation) sebagai bahan dijerap akan dijalankan pada keadaan suhu bilik. Pembolehubah eksperimen yang dipilih ialah masa (*contact time*), kepekatan pewarna dan nisbah pepejal-larutan. Kepekatan akhir pewarna ditentukan dalam setiap eksperimen secara spektrometri.



BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 PEWARNA

2.1.1 Teori Asas

Pewarna merupakan sesuatu bahan yang berkeupayaan memberi warna kepada sesuatu bahan atau permukaan lain. Pewarna terdiri daripada dua bahagian utama iaitu bahagian penghasilan warna (kromogen) dan bahagian yang mengawal kelarutan dan ciri mewarna (ausokrom). Kromogen merupakan struktur aromatik yang mengandungi kumpulan pemberi warna, iaitu kromofor. Kromofor adalah kumpulan yang mengandungi satu atau lebih ikatan (Gurr, 1971). Kromofor adalah kumpulan atom-atom yang menghasilkan serapan, dalam erti kata lain menyebabkan penghasilan warna dengan mengubah kumpulan atom-atom dalam spektrum boleh nampak (Pavia *et al.*, 1992). Kromofor yang biasa ditemui adalah kumpulan nitroso ($-\text{NO} / =\text{N}-\text{OH}$), kumpulan nitro ($-\text{NO}_2 / =\text{NOOH}$), kumpulan karbonil ($\text{C}=\text{O}$), kumpulan azo ($-\text{N}=\text{N}-$), kumpulan etilen ($\text{C}=\text{C}$), kumpulan karbon-nitrogen ($\text{C}=\text{NH}$, $-\text{CH}=\text{N}-$) dan kumpulan karbon-sulfur ($\text{C}=\text{S}$, $\text{C}-\text{S}-\text{S}-\text{C}$) (Austin, 1984).

Ausokrom merupakan bahagian dalam pewarna yang menyebabkan pewarna melekat pada bahan yang berwarna (tekstil). Ini termasuklah kumpulan $-\text{NH}_2$, OH , -



NR_2 , $-\text{COOH}$, dan $-\text{SO}_3\text{H}$. Kumpulan NH_2 dan $-\text{NR}_2$ menyebabkan pewarna berkeupayaan melarut dalam keadaan asid manakala kumpulan $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$ dan $-\text{SO}_3\text{H}$ menyebabkan pewarna berkeupayaan melarut dalam keadaan bes (Gurr, 1971).

2.1.2 Jenis dan Pengkelasan Pewarna

Pewarna amnya terbahagi kepada tiga kumpulan utama iaitu pewarna kation, pewarna anion dan pewarna bukan ion (Gurr, 1971; Tsai *et al.*, 2004). Ciri-ciri am bagi masing-masing kumpulan adalah disenaraikan dalam Jadual 2.1

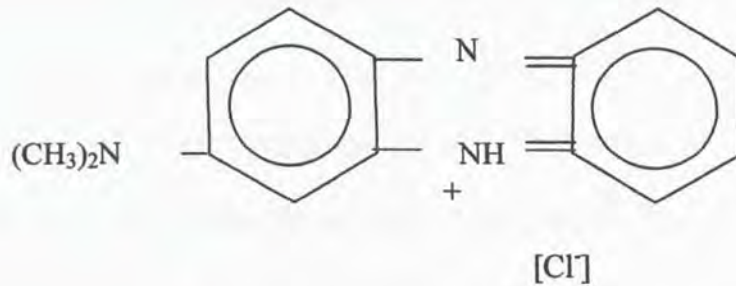
Pewarna kation, atau dikenali juga sebagai pewarna bes, adalah bercas positif dan ia kebiasaan digunakan untuk mewarnakan bahan berlipid iaitu seperti lemak, minyak dan pelincir. Pewarna ini kebiasaan dipasarkan sebagai garam daripada bes aromatik (Gurr, 1971). Pada keadaan larutan neutral atau beralkali, pewarna kation akan kehilangan cas positifnya (Gurr, 1971). Satu contoh pewarna jenis ini ialah *Neutral red*, (Rajah 2.1).

Jadual 2.1 Jenis-jenis pewarna dan ciri-ciri am pewarna (Gurr, 1971)

Kumpulan	Nama lain	Contoh	Applikasi
Pewarna kation	Pewarna bes	- <i>Neutral red</i> - <i>Methylene blue</i>	-luas diguna untuk mengkaji kesan biologi. Ia mempunyai pelbagai kegunaan contohnya <i>demonstration of gonococci</i> dan bacteria gram-negatif yang bersel dalam; juga mengkaji kesan darah; diguna untuk membezakan sel hidup dan sel mati. -mewarnakan kertas, mewarnakan kulit binatang. Ia juga digunakan untuk bidang perubatan untuk mewarnakan ubat sapu; mewarnakan bahan kosmetik.
Pewarna Anion	Pewarna asid	- <i>Methyl Red</i> - <i>Eriochrome Flavine A</i>	-sebagai pengesan dan penentuan klorin dan pengesan nitrit. Ia juga penting untuk kesan protozoa. -digunakan secara biologi dan kimia dimana sebagai penunjuk bagi logam tertentu dan untuk kepekatan ion hidrogen.
Pewarna Bukan ion	Pewarna neutral	- <i>Chrysazine(1,8-Dihydroxyathraquinone)</i> -Sudan 1	- membentuk warna pada logam tertentu (kalsium, barium dan plumbum. Jika pewarna ini dinamakan sebagai <i>Danthron</i> , ia boleh digunakan oleh manusia dan ubat veterinary seperti ubat julap dan ubat pencahar. -adalah pewarna komersial, digunakan dalam pewarnaan minyak, lemak dan pelincir minyak. Ia juga digunakan untuk mewarnakan kasut dan penggilap lantai dan juga lilin, sabun, petroleum.

Jadual 2.1 (sambungan)

Pewarna <i>direct</i>			-digunakan secara terus pada kain kapas tanpa menambahkan <i>mordant</i> . Ia juga digunakan secara terus mewarnakan bulu, dan sutera. Secara amnya pewarna <i>direct</i> adalah pewarna azo. Dengan menambahkan garam, kelarutannya dalam bekas pewarna kerap diturunkan. Sesetengah pewarna <i>direct</i> dibangunkan dalam fiber dengan membentuk garam diazonium pada pakaian, kemudian mengalami proses <i>coupling</i> untuk meningkatkan ketidaklarutannya.
Pewarna <i>reactive-fiber</i>		- <i>Procion Brilliant Blue H-RGT</i>	-membentuk ikatan kovalen diantara pewarna dan fiber selulosa. Pewarna <i>reactive-fiber</i> menghasilkan barangan yang tahan terhadap cucian. Kain kapas, rayon, dan jenis nilon mengguna pewarna jenis ini sebagai pewarna. Pewarna <i>reactive-fiber</i> adalah jenis pewarna terbaru yang baru dicipta pada tahun 1956.
Pewarna <i>disperse</i>		- <i>Anthraquinone Yellow 5J</i>	sebagai bahan yang sangat baik sebagai pewarna jenis sintetik moden ini di mana ia menjerap ke dalam fiber yang kemudiannya membentuk larutan tepu. Mewarnakan sintetik moden seperti selulosa asetat, plastic dan polyester
Pewarna vat		- <i>Turquoise Blue 3GK</i>	-Biasa sebatian ini digunakan untuk mewarnakan fiber kain kapas, di mana pewarna vat ini kemudian dirawat dengan oksida atau didedahkan di udara untuk menghasilkan warna. Pewarna vat digunakan kebanyakan fiber untuk cucian kerap tetapi kos adalah tinggi. Pewarna yang paling dikenali dalam kumpulan ini adalah indigo.



Rajah 2.1 *Neutral Red*, $\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{C}$

2.1.3 Impak Sekitaran oleh Pewarna

Efluen industri tekstil mempunyai ciri nyata dari segi kandungan warna dan bahan organik (Lin, 1993a). Menurut struktur kimianya, pewarna adalah tahan terhadap tenaga cahaya, bahan kimia, agen pengoksidaan, haba serta tidak dapat terbiodegradasi selepas ianya dilepaskan ke sekitar. Sehubungan itu efluen industri akan menyebabkan BOD dan COD yang tinggi dalam air (Garg *et al.*, 2004). Hal sedemikian bukan sahaja membahayakan persekitaran akuatik tetapi juga boleh menjejaskan kesihatan manusia (Waranusantigul *et al.*, 2003; Özcan dan Özcan, 2004; Garg *et al.*, 2004).

2.2 RAWATAN EFLUEN INDUSTRI

Rawatan efluen industri boleh dibahagikan kepada tiga peringkat iaitu rawatan primer, rawatan sekunder dan rawatan tertier (Azad, 1976; Walker *et al.*, 2003). Rawatan primer dan rawatan tertier boleh melibatkan kaedah fizikal dan/atau kimia, manakala rawatan sekunder hanya melibatkan kaedah biologi. Jenis atau kombinasi peringkat yang dilaksanakan bergantung kepada komposisi efluen. Contoh-contoh teknologi

RUJUKAN

- Ahmed, M. N., dan Ram, R. N., 1992. Removal of basic dye from waste-water using silica as adsorbent. *Environmental pollution* **77**, 79-86.
- Aksu, Z., 2002. Determination of the equilibrium, kinetic and thermodynamic parameters of the batch biosorption of nickel (II) ions onto *Chlorella vulgaris*. *Process biochemistry* **38**, 89-99.
- Allen, S. J., Mckay, G. dan Khandar, K. Y. H., 1987. Multi-component isotherms of basic dyes onto peat. *Environmental Pollution* **52**, 39-53.
- Austin, G. T., 1984. *Shreves's Chemical Industries*. 5th ed. McGraw-Hill, Inc., New York.
- Azad, Hardam, S., 1976. *Industrial Wastewater Management Handbook*. McGRAW-HILL Book Company, United States of America.
- Clark, A., 1970. *The Theory of Adsorption and Catalysis*. Bart Lesville, Oklahoma. 137-138.
- Cook, Earl F., 1966. *Tufflavas And Ignimbrites: a survey of Soviet studies*. American Elsevier Publishing Company, Inc, New York.
- Gosh, G., dan Bhattacharyya, K. G., 2002. Adsorption of methylene blue on kaolinite. *Applied Clay Science* **20**, 295-300.
- Gurr, E., 1971. *Synthetic Dyes in Biology, Medicine and Chemistry*. Academic Press Inc, New York.



- Longhinotti, E., Pozza, F., Furlan, L., Sanchez, M. d. N. d. M., Klug, M., Laranjeiro, m. C. M., dan Fávère, V. T., 1998. Adsorption of anionic dyes on biopolymer chitin. *J. Braz. Chem. Soc.* **9**, 453-440.
- Faria, P. C. C., Órfão, J. J. M., Pereira, M. F. R., 2004. Adsorption of anionic and cationic dyes on activated carbons with different surface chemistries. *Water Research* **38**, 2043-2052.
- Faust, S. D., dan Aly, O. M., 1983. *Chemistry of water treatment*. Butterworth Publisher, United States of America.
- Garg, V. K., Rakesh Kumar, Renuka Gupta, 2004. Removal of malachite green dye from aqueous solution by adsorption using agro-industry waste: a case study of *Prosopis cineraria*. *Dyes and Pigments* **62**, 1-10.
- Gupta, V. K., Ali, I., Suhas, dan Dinesh Mohan, 2003. Equilibrium uptake and sorption dynamics for the removal of a basic dye (basic red) using low-cost adsorbents. *Journal of Colloid and Interface Science* **265**, 257-264.
- Ho, Y. S., McKay, G., 1998. Sorption of dye from aqueous solution by peat. *Chemical Engineering Journal* **70**, 115-124.
- Kaumanova, B., Peeva, P., Allen, S. j., Gallagher, K. A., dan Healy, M. g., 2002. Biosorption from aqueous solutions by eggshell membranes and *Rhizopus oryzae*: equilibrium and kinetic studies. *J. Chem technol Biotechnol* **77**, 593-545.
- Lin, S. H., 1993a. Adsorption of disperse dye by powdered activated carbon. *J Chem Technol Biotechnol* **57**, 387-391.
- Lin, S. H., 1993b. Adsorption of disperse dye by various adsorbent. *J Chem Technol Biotechnol* **58**, 159-163.



- Mehmet Doğan, Mahir Alkan, Aydin Türkyilmaz dan Yasemin Özdemir., 2004. Kinetics and mechanism of removal of methylene blue by adsorption onto perlite. *Journal of hazardous materials* **B109**, 141-148.
- Meshko, V., Markovska, L., Mincheva, M. dan Rodrigues, A. E., 2001. Adsorption of basic dyes on granular activated carbon and natural zeolite. *Wat.Res.* **35**(14), 3357-3366.
- Namasivayam, C., Yamuna, R. T., dan Arasi, D. J. S. E., 2001. Removal of acid violet from wastewater by adsorption on waste red mud. *Environmental Geology* **D110**, 1-10.
- Oss van , J. F., 1971. *Materials and Technology: a systematic encyclopedia of the technology of materials used in industry and commerce including foodstuffs and fuels*. Longman Group Ltd, United States.
- Janoš, P., Buchtová, H., Rýznarová, M., 2003. Sorption of dyes from aqueous solution onto fly ash. *Water Research* **37**, 4938-4944.
- Özcan, S. A., dan Özcan, A., 2004. Adsorption of acid dyes from aqueous solutions onto acid-activated bentonite. *Journal of Colloid and Interface Science* **276**, 39-46.
- Shekinah, P., Kadirnevelu, K., Kanmani, P., Senthilkumar, P. dan Subburam, V., 2002. Adsorption of lead (II) from aqueous solution by activated carbon prepared from Eichhornia. *J Chem Technol Biotechno* **77**, 458-464.
- Silber, A., Bar-Yosef, B., dan Chen, Y., 1999. pH- Dependent kinetics of tuff dissolution. *Geoderma* **93**, 125-140.



- Tsai, Y. T., Chang, C. Y., Ing, C. H., dan Chang, C. F., 2004. Adsorption of acid dyes from aqueous solution on activated bleaching earth. *Journal of Colloid and Interface Science* **275**, 72-78.
- Venkata Mohan, S., Rao, C. N., dan Karthikeyan, J., 2002. Adsorptive removal of direct azo dye from aqueous phase onto coal based sorbents: a kinetic and mechanistic study. *Journal of Hazardous Materials* **B90**, 189-204.
- Voudrias, E., Fytianos, K., Bozani, E., 2002. Sorption-desorption isotherms of dyes from aqueous solutions and wastewaters with different sorbent materials. *Global Nest International Journal* **4**, 75-83.
- Walker, G. M., Hansen, L., Hanna, J.-A., Allen, S. J., 2003. Kinetics of a reactive dye adsorption onto dolomitic sorbents. *Water Research* **37**, 2081-2089.
- Waranusantigul, P., Pokethitiyook, P., Kruatrachue, M., Upatham, E. S., 2003. Kinetics of basic dye (methylene blue) biosorption by giant duckweed (*Spirodela polyrrhiza*). *Environmental Pollution* **125**, 385-392.
- Wong, Y. C., Szeto Y. S., Cheung W. H., McKay G., 2003. Adsorption of acid dyes on chitosan—equilibrium isotherm analyses. *Process Biochemistry*, 1-10.