

**PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL**

# **TEKNIK KIMIA INDONESIA 2003**

Yogyakarta, 16 - 17 September 2003



**VOLUME 1**



ITB



ITS



UGM



UNDIP



UNSRI

Diselenggarakan oleh :

**BADAN KERJASAMA  
LEMBAGA PENDIDIKAN TINGGI  
TEKNIK KIMIA INDONESIA**

Bersamaan dengan seminar :

**SOEHADI REKSOWARDOJO (ITB)  
FUNDAMENTAL & APLIKASI TEKNIK KIMIA 2003 (ITS)**

## PILLARISASI BENTONIT DENGAN LOGAM AL DAN APLIKASINYA DALAM ADSORBSI LIMBAH WARNA INDUSTRI TEKSTIL

Arief Budhyantoro <sup>1)</sup>, Hadiatni Rita P., Yanti, Dina Kartika <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Departemen MIPA Universitas Surabaya

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya

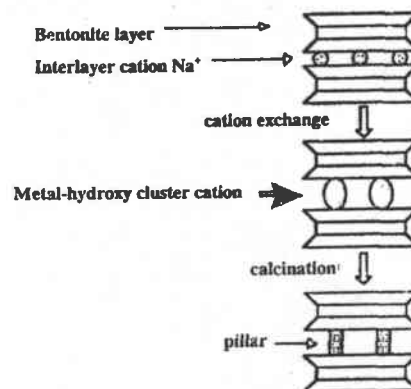
### Abstrak

Dalam penelitian ini dilakukan modifikasi bentonit alam melalui proses pillarisasi dengan logam Al. Rasio mmolAl/gr bentonit yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 (PILB 1:1); 5 (PILB 5:1) dan 10 (PILB 10:1). Pillarisasi dilakukan pada suhu 80°C dan waktu pillarisasi divariasikan selama 1jam, 5jam dan 10jam. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa rasio pillarisasi terbaik adalah 10 mmol Al/gr bentonit, dengan perubahan  $d_{001}$ -spacing dari 12,4 Å menjadi 17,7 Å, sedangkan waktu pillarisasi tidak berpengaruh secara signifikan pada ukuran pillar ( $d_{001}$ -spacing) yang terbentuk. Dari uji adsorpsi zat warna basic blue yang dilakukan pada tiga jenis adsorben PILB 1:1; PILB 5:1 dan PILB 10:1, diperoleh hasil bahwa PILB 10:1 memiliki kemampuan adsorpsi zat warna tekstil basic blue lebih baik, dengan kapasitas adsorpsi sebesar 65-70 mg/gr bentonit. Sedangkan laju adsorpsi zat warna tekstil basic blue semakin lambat dengan semakin tinggi konsentrasi larutan zat warna. Model adsorpsi zat warna tekstil basic blue dengan bentonit terpillar-Al mengikuti model adsorpsi Langmuir, yaitu adsorpsi monolayer yang berbasis pada proses pertukaran kation. Dengan adanya kemampuan bentonit terpillar-Al untuk mengadsorb zat warna tekstil basic blue berbanding terbalik dengan penurunan COD dalam air.

**Key words :** Bentonit, Pillarisasi, Adsorpsi

### Pendahuluan

Bentonit merupakan material alam yang memiliki kemampuan untuk menyerap ion logam dan molekul organik dari dalam sistem larutan. Bentonit merupakan salah satu jenis lempung alam yang memiliki struktur berbentuk lapisan-lapisan bertumpuk (*layer*). Adanya struktur berbentuk lapisan ini mengakibatkan bentonit memiliki sifat dapat mengembang dan mengempis (*swelling*) jika menyerap dan melepas molekul air atau molekul organik lainnya. Akibatnya kemampuan adsorpsi bentonit tidak optimal, terutama sifat selektivitasnya terhadap molekul yang diserap. Untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi bentonit ini maka dilakukan proses pillarisasi bentonit dengan logam-logam tertentu, misalnya logam Al, Fe, Cr, Zr dan sebagainya. (Kooli dan Jones, 1997, Shaobin Wang, dkk, 1998, Hutson dkk, 1998, Schoonheydt dkk, 1999)



Gambar 1. Struktur berlapis (*layer*) bentonit sebelum dan setelah pillarisasi

Dengan adanya pillar yang terbentuk pada struktur lapisan bentonit, maka struktur bentonit menjadi stabil dan tidak mudah mengalami *swelling*. Adanya proses pillarisasi juga dapat memodifikasi ukuran pori bentonit dari ukuran mikro menjadi ukuran meso, pori-pori ini berfungsi untuk meningkatkan luas permukaan bentonit dan terbentuknya situs aktif adsorpsi. Dengan adanya modifikasi struktur bentonit tersebut maka kemampuan adsorpsi dan selektivitasnya menjadi lebih baik dari keadaan semula. (Vansant, 1992, Fransisco dkk, 2001)

Kemampuan adsorpsi bentonit terpillar terhadap ion logam, molekul zat warna dan molekul organik lainnya sangat tergantung pada ukuran pori yang terbentuk pada saat pillarisasi. Semakin besar ukuran pori yang terbentuk pada bentonit maka kemampuan untuk mengadsorb molekul organik dengan ukuran besar akan semakin besar. (Cool dan Vansant, 1996, Celik dkk, 2001) Chantawong telah memanfaatkan bentonit sebagai adsorben terhadap beberapa ion logam dengan kecenderungan adsorpsi sebagai berikut  $Pb > Cr > Cd = Zn > Cu > Ni$ . Bismo dkk, 1999, memanfaatkan bentonit alam baik yang aktivasi maupun modifikasi, sebagai adsorben untuk pembersih wax. Proses adsorpsi ion dan molekul dalam bentonit terpillar dapat melalui proses sebagai berikut, yaitu pertukaran ion (*ion exchange*), interaksi Van der Waals dan penjebakan (*entrapment*). Proses *entrapment* khususnya berlaku untuk molekul-molekul organik non polar.

Pada penelitian ini bentonit alam yang telah dimodifikasi melalui proses pillarisasi dengan logam Al dimanfaatkan sebagai adsorben zat warna tekstil *Basic Blue* dalam sistem larutan berair. Diharapkan setelah proses pillarisasi tersebut bentonit mampu meningkatkan kemampuan adsorpsinya terhadap molekul zat warna tersebut yang berukuran relatif besar. Selain itu juga akan dipelajari tipe adsorpsi zat warna tersebut apakah tipe adsorpsi Langmuir berdasarkan persamaan :

$$\frac{C^*}{Q_e} = \frac{1}{K_L} + \frac{a_L}{K_L} C^*$$

atau tipe adsorpsi Freundlich berdasarkan persamaan :

$$C^* = k [V(C_0 - C^*)/Ads]^n$$

#### Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahap yaitu tahap pillarisasi bentonit dan tahap uji adsorpsi zat warna tekstil basic blue.

Pillarisasi bentonit dilakukan menggunakan logam Al ( $AlCl_3$ ) dengan rasio Al/bentonit (mmol/gr bentonit) = 1; 5 dan 10. Zat pemillar (*Pillarizing agent*) dibuat dengan melarutkan  $AlCl_3$  dalam akuades dan ditambahkan NaOH dengan rasio OH/Al = 0,8. Larutan kemudian diaduk dan dipanaskan pada suhu 80°C hingga tidak terbentuk endapan, kemudian larutan didinginkan dan dibiarkan selama satu malam. Suspensi bentonit dibuat dengan melarutkan 5 gr bentonit dalam akuades dengan rasio bentonit/akuades = 1gr bentonit/50 ml akuades. Pillaring agent yang telah dibuat kemudian dicampur dengan suspensi bentonit secara bertahap. Campuran diaduk dan dipanaskan pada suhu 80°C dengan variasi lama pengadukan 1 jam, 5 jam dan 24 jam. Bentonit hasil pillarisasi kemudian disaring dan dicuci hingga bebas ion  $Cl^-$ . Padatan yang diperoleh kemudian dikeringkan dan dikalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam dengan laju pemanasan secara bertahap. Padatan yang diperoleh kemudian dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X.

Bentonit terpillar-Al yang diperoleh kemudian diuji kemampuan adsorpsinya terhadap limbah warna tekstil *basic blue*. Adsorpsi dilakukan dalam sistem *batch*. Zat warna tekstil yang digunakan adalah jenis zat warna *basic blue*, yaitu *Benzothiazolium-2-((4-(ethyl(2-hydroxyethyl)amino)phenyl)azo)-6-methoxy-3-methyl-methane sulfate*. Adsorpsi dilakukan dengan mencampurkan 1 gram bentonit terpillar Al dalam 250 ml larutan zat warna. Konsentrasi larutan divariasi yaitu: 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 700 ppm, 1000 ppm, 1300 ppm. Variasi juga dilakukan terhadap pH larutan, yaitu selang pH = 2-3; pH = 6-7 dan pH = 7-8. Campuran diaduk dengan pengaduk series dengan kecepatan pengadukan 125 rpm. Larutan diambil 1 ml setiap selang waktu 10 menit dan diukur serapannya dengan spektrofotometer UV.

Analisa COD dilakukan menggunakan reagen KIT untuk analisa COD yang dibuat dengan mencampur *digestion solution* dengan larutan *sulfuric acid reagen*.

#### Hasil dan Pembahasan

##### *Pillarisasi Bentonit dengan Logam Al*

Hasil karakterisasi bentonit awal dan bentonit terpillar-Al diberikan dalam bentuk difraktogram sinar-X, seperti diberikan pada gambar 2A. Dari difraktogram tersebut dapat diamati adanya pergeseran harga d-spacing bidang 001 ( $d_{001}$ ), yang ditunjukkan dengan bergesernya harga  $2\theta$  ke arah kiri, dari bentonit awal ke bentonit terpillar-Al, seperti pada tabel 1. Hal ini menunjukkan bahwa telah terbentuk pillar pada struktur antar lapisan bentonit, sehingga harga  $d_{001}$  pada bentonit terpillar menjadi lebih besar.

Dari difraktogram juga tampak bahwa semakin besar rasio Al/gr bentonit maka semakin besar pula harga  $d_{001}$  yang terbentuk.

Tabel 1. Harga  $d_{001}$  bentonit dan bentonit terpillar Al dengan variasi rasio Al terhadap bentonit.

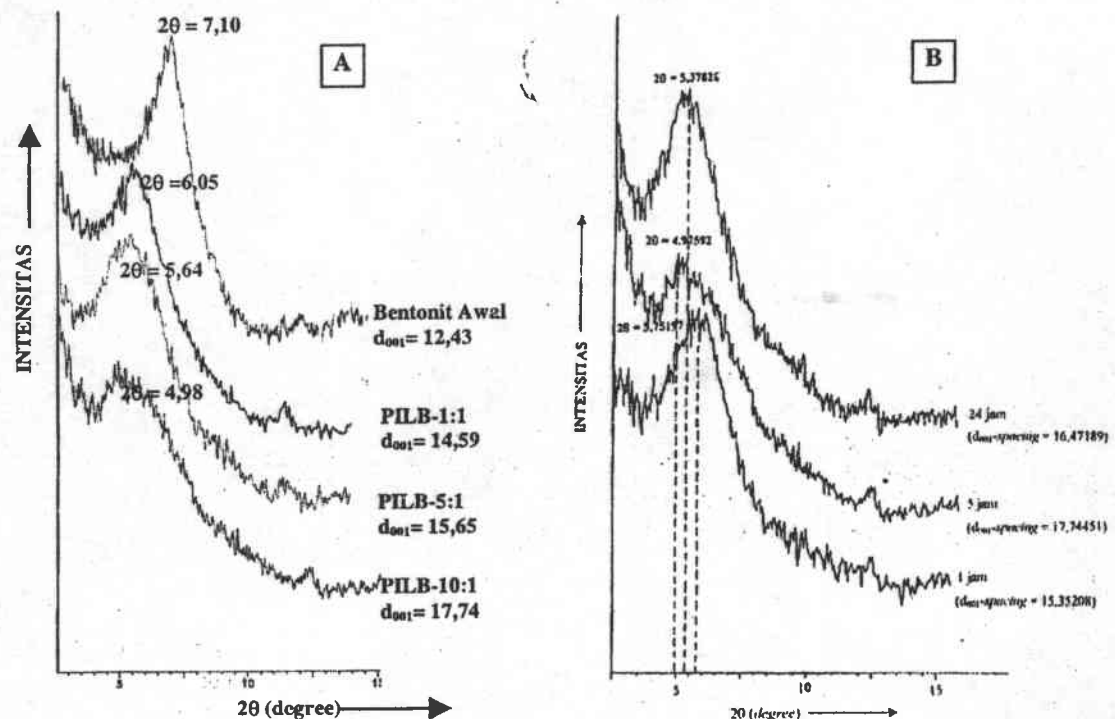
Jenis Bentonit	2 $\theta$	$d_{001}$ -spacing
Bentonit awal	7,10402	12,43297
PILB-Al 1:1	6,05048	14,59531
PILB-Al 5:1	5,64395	15,64566
PILB-Al 10:1	4,97592	17,74451

Fenomena ini menunjukkan bahwa pada rasio 10 mmol Al/gr bentonit, pillar yang terbentuk diantara struktur lembaran bentonit paling tinggi dibandingkan rasio yang lebih kecil. Hal ini dikarenakan ukuran *polioksokation* Al dalam larutan pada rasio 10 mmol Al/gr bentonit semakin besar. Sehingga saat *polioksokation* masuk diantara struktur lapisan bentonit akan membentuk pillar yang relative lebih besar.

Sedangkan pada variasi waktu pillarisasi untuk rasio 10 mmol Al/gr bentonit ditunjukkan adanya perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Hal ini diperkirakan *polioksokation* yang teradsorb terikat relatif kuat sejak awal dan ukuran *polioksokation* tidak dipengaruhi oleh waktu pengadukan system pillarisasi secara signifikan. Sehingga ukuran *polioksokation* yang masuk diantara struktur lapisan bentonit tidak terlalu jauh berbeda pada waktu pillarisasi yang berbeda, sehingga pillar yang dihasilkan tidak berbeda secara signifikan seperti diberikan pada gambar 2B dan tabel 2.

Tabel 2. Harga  $d_{001}$  bentonit terpillar-Al pada rasio 10 mmol Al/gr bentonit dengan variasi waktu pillarisasi.

Waktu pillarisasi	2 $\theta$	$d_{001}$ -spacing
1 jam	5,75197	15,35208
5 jam	4,97592	17,4451
24 jam	5,37828	16,47189

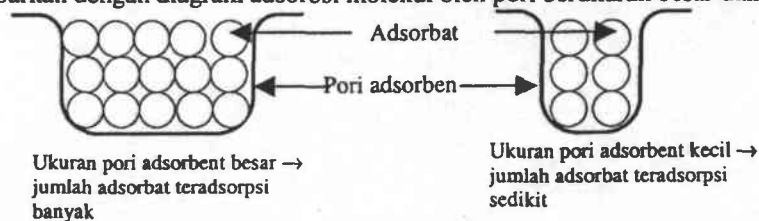


Gambar 2. Difraktogram bentonit awal dan bentonit terpillar A) Bentonit awal dan bentonit terpillar-Al sebagai fungsi rasio mmol Al/gr bentonit = 1(PILB 1:1); 5(PILB 5:1); dan 10(PILB 10:1); B) Bentonit terpillar-Al pada rasio 10 mmol Al/gr bentonit (PILB 10:1); dengan variasi waktu pillarisasi 1 jam; 5 jam dan 10 jam.

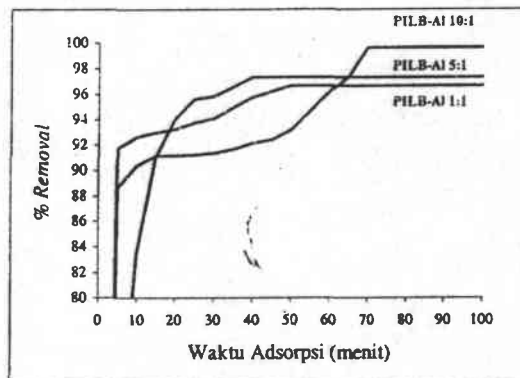
### Uji Adsorpsi Bentonit terpillar-Al

Uji adsorpsi bentonit terpillar-Al terhadap larutan zat warna tekstil *basic blue* dilakukan dalam metode batch. Variabel yang dikaji adalah Jenis bentonit terpillar-Al, variasi konsentrasi larutan zat warna, waktu adsorpsi dan analisa COD.

Dari uji adsorpsi zat warna tekstil *basic blue* dengan jenis adsorben bentonit terpillar yang berbeda yaitu PILB 1:1; PILB 5:1 dan PILB 10:1, menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi untuk PILB 10:1 lebih besar daripada PILB 1:1 dan PILB 5:1, yaitu sebesar 98% dengan waktu jenuh 85 menit, seperti diberikan pada gambar 3. Hal ini disebabkan karena dimungkinkan ukuran pori PILB 10:1 yang dihasilkan setelah pillarisasi lebih besar dibandingkan dengan rasio pillarisasi bentonit yang lain. Sehingga luas permukaan yang dihasilkan lebih besar dan selektivitas serta kemampuan untuk mengadsorb zat warna *basic blue* tersebut relatif lebih besar dibandingkan adsorben lainnya. Fenomena ini digambarkan dengan diagram adsorpsi molekul oleh pori berukuran besar dan berukuran kecil berikut,



Disamping itu dengan adanya pillar yang terbentuk akan meningkatkan situs aktif adsorpsi ionik. Karena zat warna *basic blue* bersifat kationik maka kemampuan adsorpsi bentonit terpillar Al akan semakin besar melalui proses pertukaran kation (*cation exchange*).



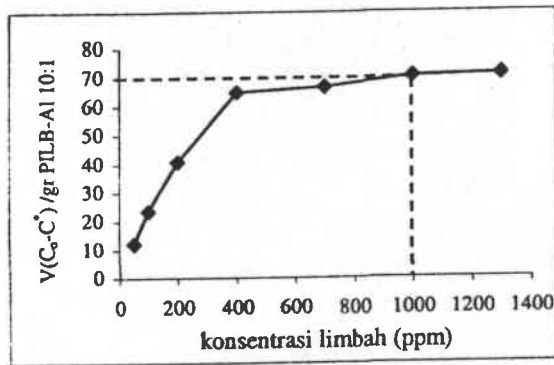
Gambar 3. Adsorpsi zat warna *basic blue* 100 ppm dengan adsorben yang berbeda yaitu : PILB 1:1; PILB 5:1 dan PILB 10:1, sebagai fungsi waktu.

### Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi bentonit terpillar-Al (PILB 10:1) ditentukan melalui adsorpsi zat warna dengan variasi konsentrasi, variasi yaitu 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 700 ppm, 1000 ppm, 1300 ppm. Dari kurva adsorpsi pada gambar 4. dapat diamati bahwa adsorpsi mulai jenuh terjadi pada larutan zat warna dengan konsentrasi antara 400-1000 ppm sehingga dapat ditentukan kapasitas adsorpsi PILB 10:1 adalah sebesar 65-70 mg/gr bentonit. Harga kapasitas adsorpsi ini jauh lebih besar dibandingkan kapasitas adsorpsi bentonit awal (sebelum terpillar) yaitu hanya sebesar 12,5 mg/gr bentonit. Perbedaan kapasitas adsorpsi ini tentu saja disebabkan karena ukuran pori dan luas permukaan bentonit terpillar-Al jauh lebih besar dibandingkan bentonit awal seperti tampak dari data difraktogram sinar-X.

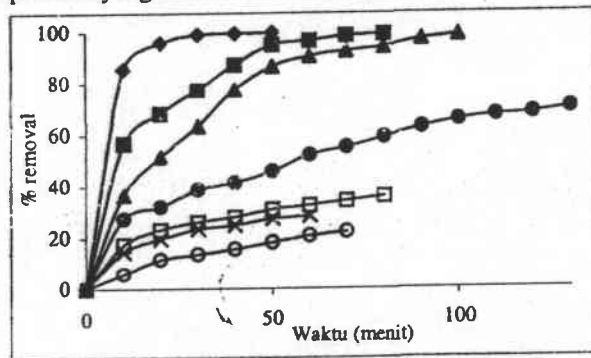
Selain itu dari pengamatan laju adsorpsi bentonit terpillar-Al PILB 10:1 pada larutan zat warna dengan konsentrasi yang berbeda, pada gambar 5, tampak bahwa laju adsorpsi semakin lambat dengan naiknya konsentrasi zat warna. Laju adsorpsi pada konsentrasi limbah 50 ppm lebih cepat daripada laju adsorpsi pada konsentrasi limbah 100 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 700 ppm, 1000 ppm, dan 1300 ppm. Hal ini dapat dilihat dari persen *removal* pada waktu yang sama, misal pada waktu 20 menit, persen *removal* dari limbah dengan konsentrasi 50 ppm sebesar 96,0421%, persen *removal* dari limbah dengan konsentrasi 100 ppm sebesar 68,292%, persen *removal* dari limbah dengan konsentrasi 200 ppm sebesar 51,7742%, persen *removal* dari limbah dengan konsentrasi 400 ppm sebesar 32,0605, persen *removal* dari limbah dengan konsentrasi 700 ppm sebesar 23,2469%, persen *removal* dari limbah dengan konsentrasi 1000 ppm sebesar 19,5353%, dan persen *removal* dari limbah dengan konsentrasi 1300 ppm sebesar 11,799%. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain gaya interaksi antar molekul zat

warna dan kompetisi antar molekul zat warna untuk berdifusi ke permukaan bentonit. Semakin besar konsentrasi zat warna maka satu molekul zat warna akan dikelilingi oleh molekul lainnya dalam jumlah yang besar.



**Gambar 4.** Adsorpsi zat warna *basic blue* pada bentonit terpillar-Al PILB 10:1, dengan variasi konsentrasi zat warna yang menunjukkan kapasitas adsorpsi PILB 10:1.

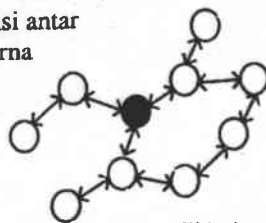
Akibatnya energi yang dibutuhkan untuk memutuskan interaksi antar molekul tersebut semakin besar, akibatnya laju difusi molekul ke permukaan bentonit menjadi lebih lambat. Hal ini tampak juga dari slope kurva adsorpsi terhadap waktu yang semakin landai dengan bertambahnya konsentrasi zat warna.



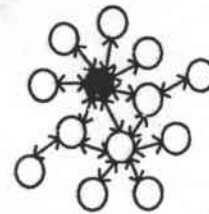
**Gambar 5.** Adsorpsi warna menggunakan bentonit terpillar PILB-Al 10:1 dengan waktu piliarisasi 5 jam pada limbah warna konsentrasi 50 ppm (♦), 100 ppm(■), 200 ppm(▲), 400 ppm (●), 700 ppm (□), 1000 ppm (×) dan 1300 ppm (o)

Faktor lainnya adalah kompetisi antar molekul zat warna yang berdifusi ke permukaan bentonit. Semakin besar konsentrasi zat warna maka kompetisi yang terjadi semakin tinggi akibatnya laju difusipun menjadi relatif lambat, seperti yang ditunjukkan pada diagram berikut,

1). Diagram interaksi antar molekul zat warna

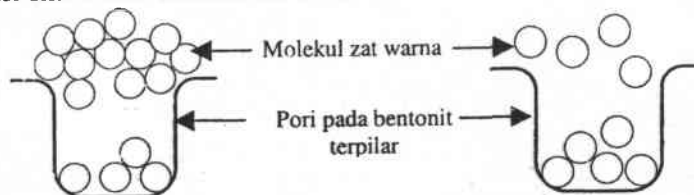


Jumlah molekul zat warna sedikit, interaksi antar molekul sedikit dan jarak antar molekul tidak terlalu dekat



Jumlah molekul zat warna banyak, interaksi antar molekul banyak dan jaraknya saling berdekatan

2) Diagram kompetisi difusi antar molekul zat warna

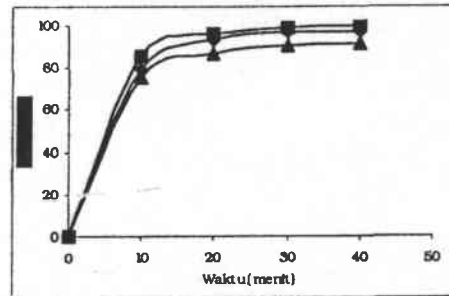


Jumlah molekul zat warna banyak pada konsentrasi tinggi → molekul sulit masuk ke pori

Jumlah molekul zat warna sedikit pada konsentrasi rendah → molekul lebih mudah masuk ke pori

**Pengaruh pH larutan**

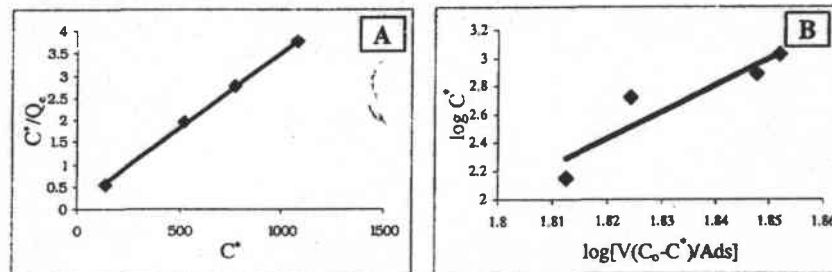
Pada adsorpsi zat warna *basic blue*, *Benzothiazolium-2-[(4-(ethyl(2-hydroxyethyl)amino)-phenyl)azo)-6-methoxy-3-methyl-methane sulfate*, pada pH yang berbeda (pH 2; pH 7 dan pH 8) menunjukkan bahwa persen removal terhadap zat warna pada pH 2 dan 7 relatif sama yaitu sebesar 97,5% dan 99,9% sedangkan pada pH basa persen removalnya sebesar 92,84%, seperti tampak pada gambar 6. Perbedaan ini disebabkan pada larutan pH asam dan netral zat warna *basic blue*, dalam hal ini jenis senyawa amina (N), akan membentuk kation ( $R_3NH^+$ ) karena adanya konsentrasi  $H^+$  yang tinggi.



**Gambar 6.** Adsorpsi warna menggunakan bentonit terpillar PILB-A1 10:1 (5jam) pada limbah warna konsentrasi 50 ppm dengan variasi pH asam (pH 2) (◆), netral (pH 7) (■), dan basa (pH 8) (▲)

Akibatnya molekul zat warna akan lebih mudah terserap pada situs aktif bentonit melalui proses pertukaran kation. Sedangkan pada pH 8 atau pada daerah yang lebih basa diperkirakan akan lebih rendah kemampuan adsorpsinya karena sifat kation molekul zat warna pada kondisi basa akan semakin rendah, sehingga kemungkinan untuk terjadinya pertukaran kation semakin rendah.

Selain itu dari kurva adsorpsi zat warna *basic blue* dengan bentonit diatas tampak merupakan tipe kurva adsorpsi Langmuir, yaitu kurva adsorpsi monolayer, seperti diberikan pada gambar 7. Hal ini terlihat jelas dari perolehan harga  $R^2$  model Langmuir lebih mendekati satu daripada model Freundlich.



**Gambar 7.** Kurva Model adsorpsi zat warna *basic blue* dengan bentonit terpillar-A1 a) Model adsorpsi Langmuir b) Model adsorpsi Freundlich

Pernyataan ini semakin kuat dengan adanya gaya yang berperan dalam adsorpsi tersebut adalah gaya elektrostatis yaitu adanya proses pertukaran kation, dimana tipe adsorpsi ini akan lebih bersifat monolayer dibandingkan multilayer.

Hasil analisa COD diberikan pada tabel 3, dari tabel tersebut tampak bahwa bentonit dapat mengadsorpsi warna sehingga terjadi penurunan konsentrasi warna yang juga disertai dengan adanya penurunan kandungan COD dalam larutan zat warna pada berbagai konsentrasi, dimana besarnya penurunan warna simultan dengan besarnya penurunan COD. Hal ini disebabkan karena dengan semakin besarnya persentase removal warna maka konsentrasi warna yang tertinggal semakin kecil sehingga besarnya COD yang dibutuhkan juga semakin sedikit.

**Tabel 3.** Perbandingan penurunan persen removal warna dan COD pada berbagai konsentrasi

Konsentrasi limbah (ppm)	% removal warna	% removal COD
50	99,8836	94,4444
100	99,3408	83,3333
200	98,7902	59,3407
400	69,9201	28,3784
700	36,0072	12,1827
1000	28,3032	2,3055
1300	22,0979	1,9538

## Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan beberapa hal antara lain proses pillarisasi bentonit dengan logam Al dapat meningkatkan ukuran pori atau  $d_{001}$  dari struktur bentonit. Akibatnya kemampuan adsorpsi zat warna tekstil basic blue menjadi lebih besar. Adapun variasi rasio mmol Al/gr bentonit menunjukkan pada rasio 10 mmol Al /gr bentonit menunjukkan adanya peningkatan  $d_{001}$  yang signifikan yaitu dari  $12,4 \text{ \AA}$  menjadi  $17,7 \text{ \AA}$ . Sedangkan waktu pillarisasi 1 jam, 5 jam dan 24 jam tidak memberikan perubahan harga  $d_{001}$ -spacing yang signifikan pada bentonit hasil pillarisasi.

Dari uji adsorpsi tampak bahwa Bentonit Terpillar-Al 10:1, mempunyai kemampuan adsorpsi lebih besar dibandingkan adsorben bentonit hasil pillarisasi lainnya. Kapasitas adsorpsi bentonit PILB 10:1 mencapai 65-70 mg/gr bentonit. Pengaruh pH pada adsorpsi zat warna basic blue dengan bentonit terpillar-Al akan semakin baik pada daerah asam sampai netral sedangkan pada pH basa relatif lebih rendah. Model adsorpsi zat warna basic blue dengan bentonit terpillar-Al lebih menunjukkan ke model adsorpsi Langmuir (monolayer) daripada adsorpsi Freundlich (multilayer).

Dari hasil analisa COD tampak bahwa harga COD turun dengan turunnya konsentrasi zat warna dalam larutan. Hal ini menunjukkan semakin besar zat warna teradsorb maka jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses peruraian zat warna secara aerob dalam air akan semakin kecil.

## Notasi

$C^*$	Konsentrasi kesetimbangan pada fasa liquid	[mg/l]
$Q_e$	Konsentrasi kesetimbangan pada fasa solid	[mg/gr]
$a_L$	Konstanta Langmuir	[l/mg]
$K_L$	Konstanta Langmuir	[l/gr]
$C_0$	konsentrasi <i>solute</i> awal	[mg/l]
$V(C_0-C^*)/Ads$	berat <i>solute</i> teradsorb per berat adsorbent	
$k, n$	konstanta Freundlich	

## Daftar Pustaka

1. Fathi Kooli, William Jones, (1997), Systematic Comparison of a Saponite Clay Pillared With Al and Zr Metal Oxides, Chem. Mater, 9, hal.2913-2920.
2. Harvey, N.W., and Chantawong, V., (1999), Adsorption of Heavy Metals by Ballclay: their Competition and Selectivity, Journal of Tokyo University of Information Sciences, hal..78-85.
3. Hutson, N.D., Gualdoni, D.J., and Yang, R.T., (1998), Synthesis and Characterisation of The Microporosity of Ion Exchanged  $Al_2O_3$ -Pillared Clays, Chem. Mater, 10, hal.3707-3715.
4. Schoonheydt, R.A., Pinnavaia, T., Lagaly, G., Gangas, N., (1999), Pillared Clays and Pillared Layered Solids, Pure Appl. Chem., 71, 12, hal.2367-2371.
5. Shaobin Wang, H. Y. Zhu, and G. Q. (Max) Lu, (1998), Preparation, Characterization, and Catalytic Properties of Clay-Based Nickel Catalysts for Methane Reforming, JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE 204, ARTICLE NO. CS985553, hal.128-134.
6. Bismo, S., Eva, F.K., dan Gunawan, (1999) Prospek bentonit Alam di Indonesia Untuk Industri Petrokimia (I): Modifikasi dan Aktivasi Sebagai Adsorben Pembersih Wax, Jurnal Teknologi, 4, Tahun III.
7. Vansant, E.F., (1992), Adsorption in Porous Materials, hal.485-504.





ITB



ITS



UGM



UNDIP



UNSR

# Sertifikat

diberikan kepada

.....  
**Hadiatni Rita P.**.....

atas peran sertanya sebagai

**Penyaji**.....

pada

## **SEMINAR NASIONAL TEKNIK KIMIA INDONESIA 2003**

yang diselenggarakan pada tanggal 16 dan 17 September 2003  
di Yogyakarta

Sekretaris BKS-LPTTKI



Dr. **SUGENG WINARDI, M. Eng.**  
NIP. 130 877 557

Ketua Panitia



**Dr. Irfan SOEPRIJANTO, MSc.**  
NIP. 131 651 251