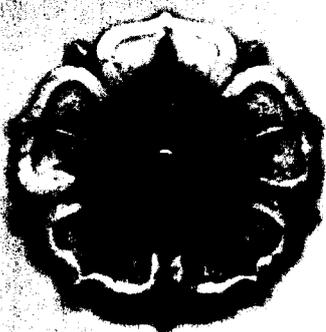
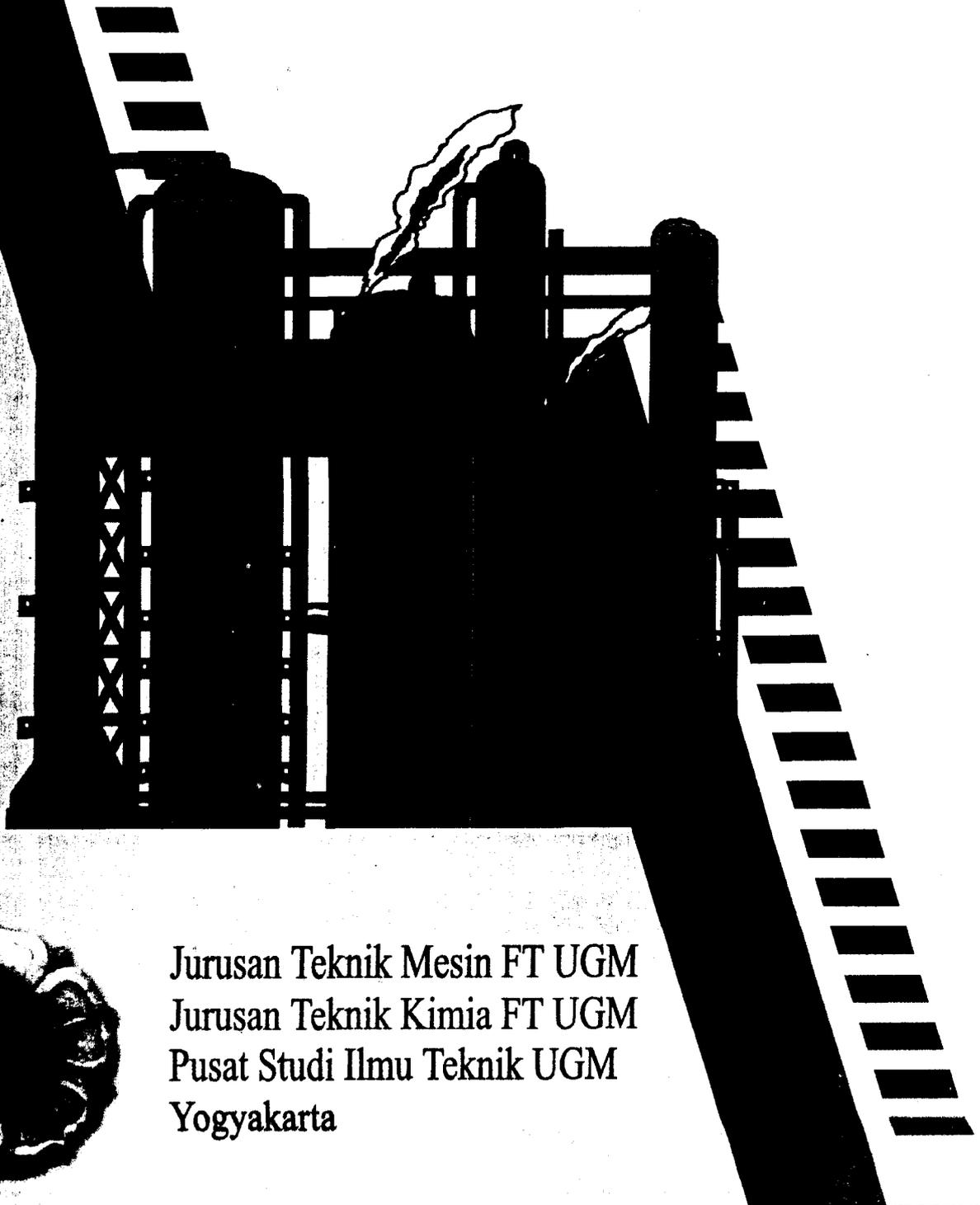


**uku ABSTRAK**

ISBN : 979-99266-1-0

*Perkembangan Riset dan Teknologi  
di Bidang Industri*

*Yogyakarta, 25 Mei 2005*



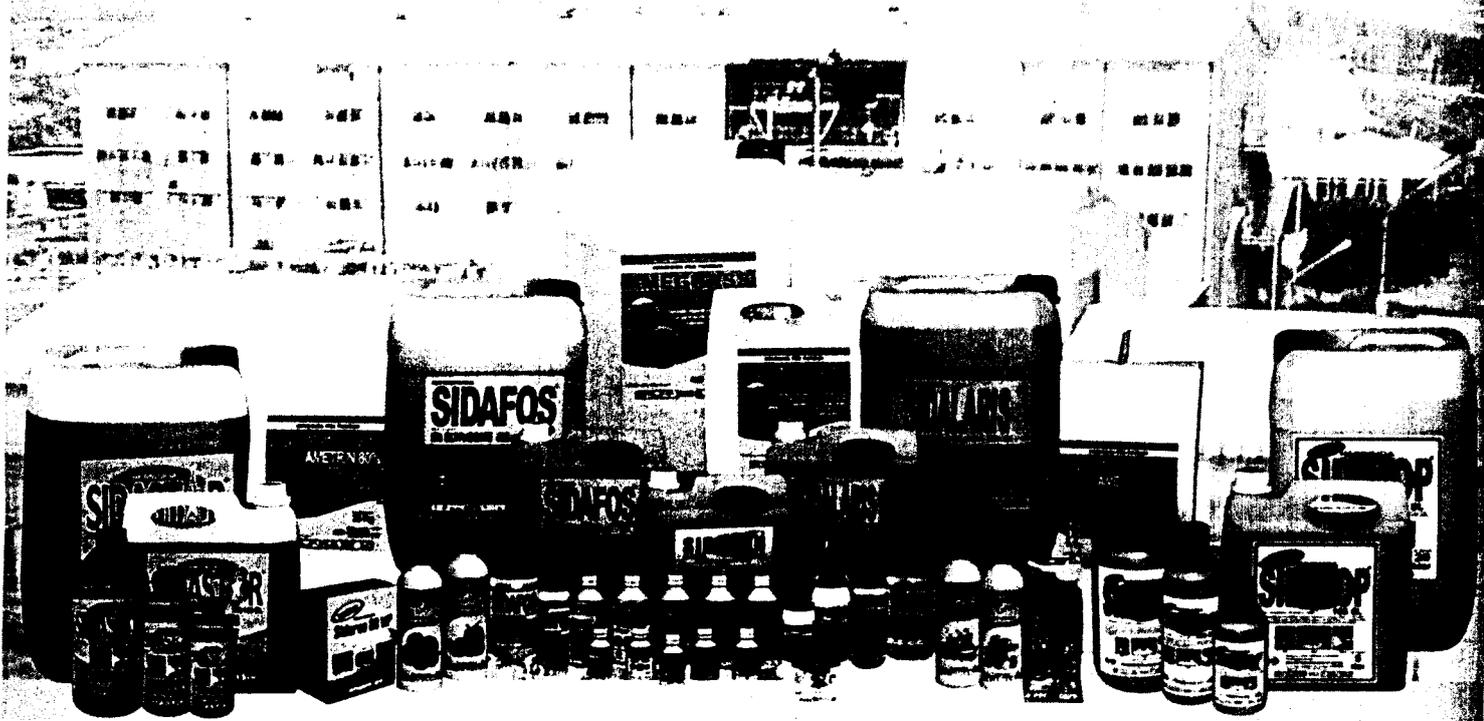
Jurusan Teknik Mesin FT UGM  
Jurusan Teknik Kimia FT UGM  
Pusat Studi Ilmu Teknik UGM  
Yogyakarta



**PT. PETROSIDA GRESIK  
(PT. PETROKIMIA GRESIK GROUP)**



**PRODUSEN BAHAN AKTIF, FORMULATOR DAN PEMEGANG PENDAFTARAN**



### **PRODUSEN & FORMULATOR**

#### **INSEKTISIDA**

SIDABAS 500 EC (BPMC 500 g/l)  
SIDAZINON 600 EC (Diazinon 600 g/l)  
SIDAMETHRIN 50 EC (Sipermetrin 50 g/l)  
YÁSITHRIN 30 EC (Siermetrin 30 g/l)  
SIDACIN 50 WP (MIPC 50%)  
METHRISIDA 100 EC (Permetrin 100 g/l)

#### **HERBISIDA**

SIDAFOS 480 AS (IPA Glyphosate 480 g/l)  
SIDALARIS (IPA Glyphosate 240 g/l)  
SIDAMIN 865 (2,4D DMA 865 g/l)  
SIDARON 80 WP (Diuron 80%)  
SIDATOP 166 SL (IPA Glyphosate 166 g/l)  
SIDASTAR 300/100 SL (IPA Glyphosate 300 g/l-2,4 D DMA 100 g/l)  
AMEGRASS 80 WP (Ametryn 80%)  
AMEGRASS SC (Ametryn 500 g/l)

#### **FUNGISIDA**

SIDAZEB 80 WP (Mankozeb 80%)

#### **PUPUK CAIR**

SUPERGREEN (Pupuk Pelengkap Cair)

### **DISTRIBUTOR PUPUK PT. PETROKIMIA GRESIK**

- ZA
- UREA
- SP 36
- NPK Kebomas
- PHONSKA
- DAP

#### **Kantor Pusat:**

Gedung Petrokimia Gresik Lt. 5  
Jl. Jend. Ahmad Yani - Gresik, 61119, Indonesia  
Telp. (031) 3981 553, 3985 541, 3985 542, 3985 594, 3982 761  
Fax. (031) 3981 653, 3982 761  
E-mail: Pestisida @rad.net.id, petrosida @home.telkom.net.id  
Kotak Pos: 136 Gresik

#### **Kantor Perwakilan:**

Jl. Tanah Abang III / 16, Jakarta - Indonesia  
Telp. (021) 344 6645, 344 6459  
Fax. (021) 384 1994  
Telex: 44237 PETROJ IA



Certificate No : QSC 00029



Certificate No : EMS 00016

**Buku ABSTRAK**

ISBN : 979-99266-1-0

# *Seminar Nasional*

***Perkembangan Riset dan Teknologi  
di Bidang Industri***

***Yogyakarta, 25 Mei 2005***

Editor :

Harwin Saptoadi  
Fauzun  
I Made Suardjaja  
Victor Malau  
M. Noer Ilmam  
Rini Dharmastiti  
Sarto  
Edia Rahayuningsih  
Suprihastuti S R  
Aswati Mindaryani



Jurusan Teknik Mesin FT UGM  
Jurusan Teknik Kimia FT UGM  
Pusat Studi Ilmu Teknik UGM  
Yogyakarta

Buku Abstrak Perkembangan Riset dan Teknologi  
Di Bidang Industri (2005. Yogyakarta)  
Buku Abstrak Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Industri  
25 Mei 2005  
Ruang Sidang KPTU Fakultas Teknik UGM Yogyakarta.  
Yogyakarta : Pusat Studi Ilmu Teknik  
42 Halaman: 21 x 29 cm.

Judul :

**Gambar Sampul :**

*The Statements and opinion expressed in the papers are those of the authors themselves and do not necessarily reflect the opinion of the editor and organizers. Any mention of company or trade name does not imply endorsement by organizers.*

ISBN: 979-99266-1-0

**Copyright © 2005, PSIT – UGM**

Not to be commercially reproduced by any means without written permission Printed in  
Yogyakarta, Indonesia, Mei 2005

Organizing Committee.

## **Organizing Committee :**

- Ketua : Dr. Ing. Ir. Harwin Saptoadi, M.SE.  
Wakil Ketua : Fauzun, ST., MT.  
Sekretaris : Dr. Ir. Rini Dharmastiti, M.Sc.  
Ir. Aswati Mindaryani, M.Sc.  
Bendahara : Ir. Suprihastuti Sri Rahayu, M.Sc.
- Anggota : Dr. Ir. I Made Suardjaja  
Dr. Ir. Victor Malau, DEA.  
Dr. Ir. Noer Ilmam, ST., M.Sc.  
Dr. Ir. Sarto, M.Sc.  
Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, MS.

## KATA PENGANTAR

Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Industri 2005 terlaksana atas kerjasama antara Jurusan Teknik Kimia, Jurusan Teknik Mesin dan Pusat Studi Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada. Seminar ini diharapkan berperan sebagai wahana penyebarluasan dan *sharing* informasi terbaru yang diperoleh dari hasil penelitian, operasi pabrik dan praktek lain yang berhubungan dengan industri. Dengan seminar ini juga diharapkan akan terjadi interaksi yang sinergis antara para akademis, peneliti dan praktisi bidang industri yang akan membawa kemajuan bagi industri nasional dan pendidikan teknik yang berhubungan dengan penyiapan tenaga kerja unggul bidang industri.

Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Industri 2005 diselenggarakan pada tanggal 25 Mei 2005 di Kampus Grafika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Seminar ini menghadirkan 72 makalah yang dipresentasikan selama 1 hari. Para pemakalah mewakili berbagai latar belakang profesi mulai dari akademisi, peneliti, konsultan dan praktisi dari industri. Topik makalah diklasifikasikan dalam 6 bidang yaitu meliputi : Proses, Bahan Teknik dan Mekanika Bahan, dan Pengolahan Limbah Industri dan Lingkungan.

Prosiding seminar ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai perkembangan paling mutakhir dalam bidang riset dan teknologi di bidang industri di Indonesia. Panitia telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyusun semua makalah dalam bentuk prosiding yang representatif, namun masukan dan kritik dari pembaca masih sangat diharapkan.

Seminar ini dapat terlaksana dengan sukses berkat partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Panitia mengucapkan terima kasih kepada para pemakalah, para sponsor (PT. KIEC, PT. Petrosida Gresik, PT.Global Haditech, PT. Medco) dan juga kepada para mahasiswa yang membantu jalannya acara seminar.

Yogyakarta, 25 Mei 2005

Panitia Seminar Nasional

Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Industri 2005

Pelat Cekung Pemantul Panas Radiasi Sarangan Kompor Minyak Tanah Sumbu (KMTS) <i>Supriyatno</i>	Hal. 15
Studi Eksperimen Thermophoretic Force Pada Permukaan Perpindahan Panas <i>Imansyah I.H., A.Fikri, Herdi. R</i>	Hal. 15
Ekstraksi Cincau Hitam dengan Pelarut $\text{Na}_2\text{CO}_3$ dan NaOH <i>Fadilah, Sperisa Distantina</i>	Hal. 16
Adsorpsi Zat Warna Tekstil Dalam Air Limbah dengan Karbon Aktif <i>Aswati Mindaryani, Siti Laelatul Rohmi, Primata Mardina</i>	Hal. 17
Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Kulit Biji Jalawe dan Konsentrasi Tunjung Terhadap Ketuaan Warna pada Pencelupan Kain Katun <i>Adhi Kusumastuti, Kamariah Anwar</i>	Hal. 17
Studi Transfer Massa Garam dalam Telur dengan Metode Pengguyuran Secara Kontinyu <i>Enny KriswiyantiA dan Margono</i>	Hal. 18
Perpindahan Massa Eksternal Pada Proses Adsorpsi Limbah zat Warna Basa Secara Batch Dengan Memanfaatkan Adsorben Bentonite Clay Terpilair <i>Hadiatni Rita P, Grace F, Stephanie AT</i>	Hal. 18
Koefisien Transfer Massa Adsorpsi Kadmium Terlarut Dalam Air dengan Biomassa Bekas Fermentasi Pabrik Alkohol yang Terimmobilisasi <i>Adrian Nur</i>	Hal. 19
Model Matematis Proses Transfer Massa pada Proses Penghilangan Logam Berat <i>Suryo Purwono, Dedy Utama</i>	Hal. 19
Koefisien Perpindahan Masa Volumteis dan Koefisien Perpindahan Panas Total pada Distilasi Etanol-Air didalam Kolom Isian dengan Refluks Total Secara Batch <i>Herry Satrijo</i>	Hal. 20
Ekstraksi Oleoresin Jahe Menggunakan Etanol Dalam Fixed Bed Column <i>Sperisa Distantina</i>	Hal. 20
Reaksi Dehidroklorinasi PVC pada Pirolisis Secara Batch <i>Rochmadi, Komaruzaman</i>	Hal. 21
<b>Pengolahan Limbah Industri dan Lingkungan (PL)</b>	
Pemulihan Fenol dari Air Limbah Menggunakan Teknologi Membran Cair Emulsi <i>Adhi Kusumastuti, Samsudin Anis</i>	Hal. 23
Pemanfaatan Buangan Padat Kapur Peluang dan Tantangan <i>Nuraini Hadi ES Ir</i>	Hal. 23

# PERPINDAHAN MASSA EKSTERNAL PADA PROSES ADSORPSI LIMBAH ZAT WARNA BASA SECARA BATCH DENGAN MEMANFAATKAN ADSORBEN BENTONITE CLAY TERPILAR

Hadiatni Rita P., Grace Felicitas, Stephanie Anggraini T.  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya  
Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60292  
Telp. (031) 298-1150, 298-1158, Fax. 298-1151  
Email : [us6104@dingo.ubaya.ac.id](mailto:us6104@dingo.ubaya.ac.id)

## Abstrak

Teknik pengolahan air limbah secara fisika, salah satunya adalah dengan proses adsorpsi akan diteliti pada penelitian ini. Adsorben yang digunakan adalah padatan berpori jenis Bentonite Clay yang sudah diaktifkan dengan cara memperluas pori-pori aktifnya melalui proses pilarisasi dan kalsinasi dengan logam Al sebagai pillaring agent

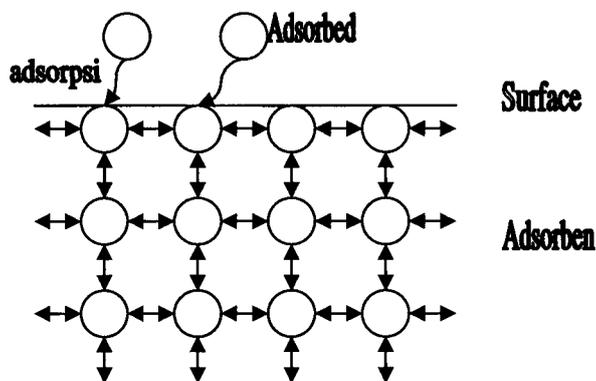
Dalam penelitian ini akan dilakukan adsorpsi dengan memasukkan adsorben Bentonite Clay yang divariasi sejumlah 0.63, 1.25, dan 2.5 g/L kedalam larutan limbah zat warna jenis basic blue pada tangki berpengaduk. Pada setiap selang waktu tertentu, sample diambil untuk diukur perubahan konsentrasinya dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang tertentu dan percobaan dihentikan pada saat kondisi setimbang yang ditandai dengan tidak adanya perubahan konsentrasi larutan. Percobaan dilakukan pada berbagai konsentrasi larutan limbah zat warna dan juga kecepatan putaran pengaduk.

Dari hasil penelitian ini didapatkan hasil adsorpsi zat warna yang terbaik adalah pada saat konsentrasi larutan zat warna rendah 60 ppm, rasio massa bentonite-volume larutan tinggi 2.5 g/L, dan kecepatan putaran pengaduk tinggi 200 rpm, yaitu menunjukkan persen removal zat warna sebesar 97.947462 % dan persen removal COD sebesar 63.1162087 %. Berdasarkan data percobaan dan perhitungan didapatkan harga koefisien perpindahan massa eksternal berkisar antara  $8.78197 \cdot 10^{-5} - 0.035050581 \text{ L/m}^2 \cdot \text{menit}$

Kata kunci : Adsorpsi, Limbah zat warna, Basic Blue, Bentonite Clay, Kinetika

## Pendahuluan

Proses adsorpsi merupakan penyerapan suatu konstituen atau solut dari campuran fase cair atau gas pada permukaan padatan, sehingga pemisahan konstituen dari campuran tersebut dapat terjadi. Sebagai komponen yang akan dipindahkan / diadsorpsi disebut *adsorbed*, sedangkan komponen yang akan menyerap / mengadsorpsi disebut *adsorben*. Secara garis besar, pada proses adsorpsi ini terjadi perpindahan massa dari fase liquid atau gas ke fase solid. Peristiwa terjadinya perpindahan massa pada adsorpsi ini karena adanya kontak antara fluida dengan fase lain yang tidak larut, yaitu padatan adsorben, dimana ada distribusi konsentrasi adsorbed yang tidak sama antara permukaan padatan dan badan fluida. Dimana kontak ini terjadi sampai waktu tertentu, sampai keadaan kesetimbangannya tercapai.



Gambar 1. Fenomena terjadinya adsorpsi

Tahapan – tahapan adsorpsi solute ke permukaan padatan berpori adalah [6]:

1. External mass transfer dari badan fluida dengan konveksi, melalui film tipis ke permukaan luar dari padatan
2. Internal mass transfer solute dengan difusi melalui pori – pori ke permukaan dalam dari padatan
3. Difusi ke permukaan pori – pori
4. Adsorpsi solute di permukaan pori

Pada external mass transfer, yang menjadi sistem adalah cairan. Dengan neraca massa komponen solute :  
 $In - out = acc$

$$0 - k_f \cdot S_s \cdot (C_t - C_s) = \frac{dC_t}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

Pada neraca massa diatas, tidak ada yang masuk dalam sistem karena prosesnya adalah batch. Dimana  $C_s$  adalah konsentrasi solute pada permukaan adsorben.  $C_s$  ini diasumsikan konstan, yaitu dianggap sama dengan konsentrasi solute pada saat kondisi jenuhnya / kondisi kesetimbangan. Sedangkan  $S_s$  adalah luas permukaan untuk perpindahan massa ( $m^2/volume \text{ larutan}$ ).

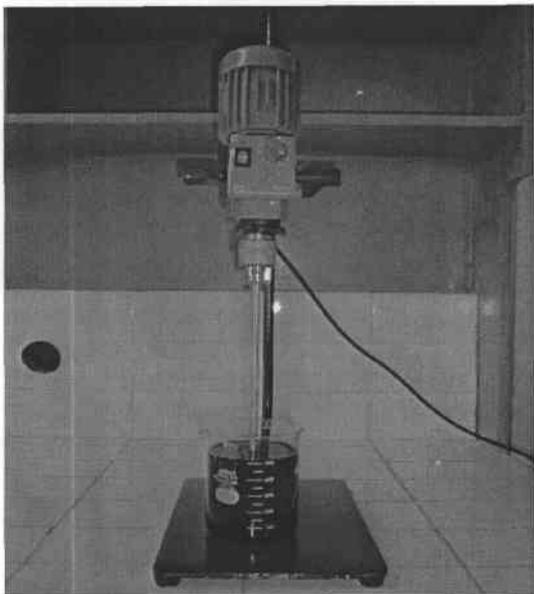
Harga koefisien perpindahan massa eksternal dicari dari slope garis singgung kurva pada saat  $t = 0$  yaitu :

$$\left(1 - \frac{C_s}{C_0}\right) (-k_f \cdot S_s) = \frac{d\frac{C_t}{C_0}}{dt} \Big|_{t=0} \dots\dots\dots(2)$$

**Metode Penelitian**

Uji adsorpsi bentonit terpillar Al dilakukan terhadap larutan limbah warna buatan. Zat warna yang digunakan adalah pewarna basa. Variabel yang digunakan adalah konsentrasi larutan zat warna yang diadsorp dengan variasi 60 ppm, 80 ppm dan 100 ppm ; perbandingan antara massa adsorbent dan volume larutan yaitu 0,63 ; 1,25; 2,5 ; dan laju pengadukan dengan variasi 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm. Masing-masing limbah warna dibuat dengan volume 500 ml.

Bentonit sebanyak 0,3125; 0,625 ; 1,25 gram yang telah dipreparasi dicampur ke dalam 500 ml larutan dengan variasi konsentrasi awal dan rpm tertentu. Setiap selang waktu tertentu sejumlah kecil sample diambil dan diukur konsentrasi warnanya dengan menggunakan spektrofotometer UV. Dari adsorpsi yang telah dilakukan akan didapatkan satu variasi optimum dari ketiga variabel yang mempunyai adsorpsi terbaik yang ditunjukkan dengan persen removal yang tertinggi.



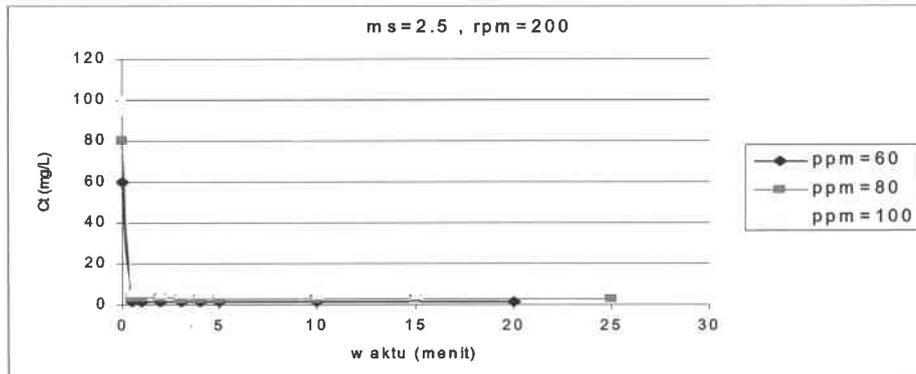
**Gambar 2.** Gambar alat adsorpsi batch

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

**Hasil Penelitian dan Pembahasan**

*Pengaruh konsentrasi zat warna terhadap laju adsorpsi*

Variasi konsentrasi zat warna dilakukan pada saat 2 variabel yang lain konstan pada kondisi optimumnya yaitu pada laju pengadukan 200 rpm dan  $ms = 2.5$ .



**Gambar 3.** Grafik konsentrasi zat warna vs waktu ( $ms = 2.5$  dan  $rpm = 200$ )

Dari grafik diatas, dapat terlihat bahwa untuk konsentrasi 60 ppm akan menghasilkan konsentrasi akhir yang lebih rendah. Hal ini sesuai dengan teori dan juga dari penelitian terdahulu yang mengatakan bahwa yang akan memberikan kondisi adsorpsi yang terbaik adalah pada konsentrasi terendah yaitu 60 ppm. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi yang semakin tinggi jumlah zat terlarut akan semakin banyak dan akan memberikan kondisi 'crowded' pada permukaan adsorben. Kondisi 'crowded' ini menyebabkan zat terlarut akan berdesak – desakan atau berkompetisi saat akan memasuki pori – pori di permukaan padatan sehingga waktu yang dibutuhkan suatu molekul untuk dapat masuk ke dalam pori semakin lama. Hal ini justru akan mengurangi kemampuan adsorben untuk menyerap zat terlarut tersebut.



**Gambar 4.** Kemampuan adsorpsi terhadap jumlah molekul zat warna

Selain itu sebelum molekul – molekul zat warna teradsorpsi ke dalam pori adsorben, akan terjadi pemutusan interaksi yang ada di antara molekul – molekul tersebut. Oleh karena itu dengan semakin besarnya konsentrasi larutan maka akan semakin banyak molekul zat warna sehingga makin kuat interaksi antar molekul karena jarak antar molekul yang berdekatan sehingga interaksinya sulit untuk diputuskan dan makin banyak interaksi molekul yang harus diputuskan supaya molekul tersebut dapat masuk ke dalam pori adsorben, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



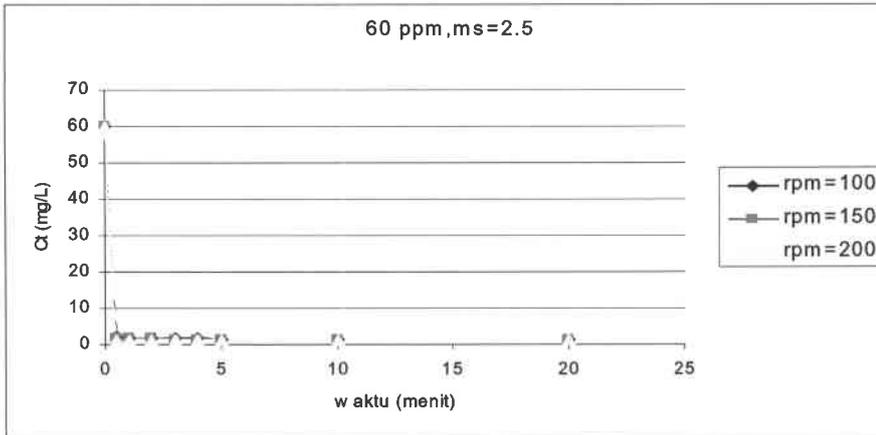
Jumlah molekul zat warna sedikit, interaksi antar molekul sedikit dan jarak antar molekul tidak terlalu dekat

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

**Gambar 5.** Gambar interaksi antar molekul zat warna

*Pengaruh laju pengadukan terhadap laju adsorpsi*

Variasi laju pengadukan dilakukan pada saat 2 variabel yang lain konstan pada kondisi optimumnya yaitu pada konsentrasi 60 ppm dan ms = 2.5.

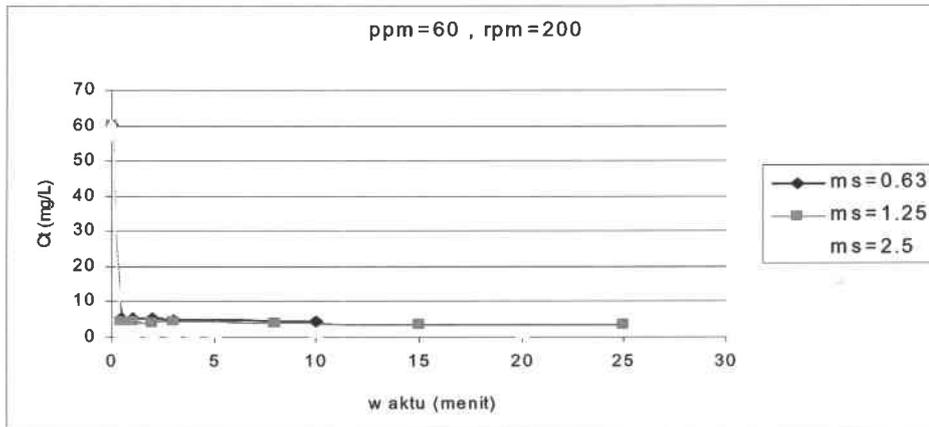


**Gambar 6.** Grafik konsentrasi zat warna vs waktu (ppm = 60 dan ms = 2.5)

Dari Gambar 6, dapat dilihat bahwa pada laju pengadukan yang semakin tinggi konsentrasi akhir larutan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena dengan laju pengadukan yang semakin tinggi maka akan memperbesar potensi kontak antara zat warna dan adsorbent sehingga adsorbent akan selalu bertemu dengan zat warna yang baru.

*Pengaruh rasio bentonite-volume larutan terhadap laju adsorpsi*

Variasi rasio bentonite-volume larutan (ms) dilakukan pada saat 2 variabel yang lain konstan pada kondisi optimumnya yaitu pada konsentrasi 60 ppm dan laju pengadukan 200 rpm.



**Gambar 7.** Grafik konsentrasi zat warna vs waktu (ppm = 60 dan rpm = 200)

Dari Gambar 7. diatas terlihat bahwa dengan rasio bentonite – volume larutan (ms) yang semakin besar, akan menghasilkan konsentrasi akhir yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena dengan semakin banyaknya bentonite yang dipergunakan sebagai adsorbent, maka semakin besar luas kontak antara permukaan adsorbent dengan zat warna. Sehingga dengan makin luas bidang kontak tersebut, maka makin banyak pula zat warna yang dapat diserap oleh bentonite.

*Pengaruh konsentrasi zat warna terhadap koefisien perpindahan massa eksternal*

**Tabel 1.** Tabel koefisien perpindahan massa eksternal (ms=2.5;rpm=200)

Co	kf (liter/m <sup>2</sup> .menit)
60	0.008926357
80	0.008880409
100	8.78197 x 10 <sup>-05</sup>

Dari Tabel 1 terlihat bahwa koefisien perpindahan massa eksternal (kf) turun seiring dengan meningkatnya konsentrasi awal zat warna. Semakin kecilnya harga kf ini disebabkan karena slope garis singgung dari kurva

$C_t/C_o$  terhadap  $t$  yang semakin kecil. Slope ini menunjukkan seberapa besar pengurangan konsentrasi zat warna setelah proses adsorpsi terhadap waktu atau dengan kata lain driving forcenya semakin kecil. Hal ini sesuai dengan yang telah dijelaskan di atas bahwa dengan semakin besar konsentrasi awal zat warna, jumlah zat terlarut akan semakin banyak dan akan memberikan kondisi 'crowded' pada permukaan adsorben.

*Pengaruh laju pengadukan terhadap koefisien perpindahan massa eksternal*  
**Tabel 2.** Tabel koefisien perpindahan massa eksternal ( $m_s = 2.5$ ;  $C_o = 60$  ppm)

rpm	kf (liter/m <sup>2</sup> .menit)
100	0.008869055
150	0.008887628
200	0.008926357

Dari tabel diatas terlihat bahwa  $k_f$  meningkat seiring dengan meningkatnya laju pengadukan. Hal ini disebabkan karena dengan semakin tingginya laju pengadukan maka lapisan film di sekeliling adsorben akan semakin tipis, sehingga tahanan perpindahan massa pada film semakin kecil pula. Dengan semakin kecilnya tahanan perpindahan massa tersebut maka perpindahan solute (zat warna) dari larutan ke permukaan adsorben akan jauh lebih mudah.

*Pengaruh rasio bentonit – volume larutan terhadap koefisien perpindahan massa eksternal*  
**Tabel 3.** Tabel koefisien perpindahan massa eksternal ( $C_o = 60$  ppm, rpm = 200)

ms	kf (liter/m <sup>2</sup> .menit)
0.63	0.035050581
1.25	0.017627723
2.5	0.008926357

Tabel di atas menunjukkan bahwa  $m_s$  berpengaruh terhadap harga koefisien perpindahan massa eksternalnya. Hal ini dikarenakan karena dengan semakin meningkatnya  $m_s$  maka viskositas atau kekentalan dari larutan akan bertambah sehingga proses perpindahan massa solute ke permukaan padatan akan semakin susah. Sehingga harga koefisien perpindahan massanya pun akan berkurang.

#### Analisa COD

Disamping dapat menurunkan konsentrasi warna, adsorpsi warna dengan bentonite juga dapat menurunkan COD. Untuk membuktikan hal tersebut digunakan variasi  $m_s = 0.63$  dan rpm = 100 dan  $C_o = 100$  ppm yang akan diukur COD nya. Karena variasi ini merupakan variasi yang paling kecil % removal warnanya.

**Tabel 4.** Tabel % Removal COD

	COD	
	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
Sebelum	0.049	161.6092
Sesudah	0.012	59.6076
% Removal COD		63.1162087

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa untuk kondisi % removal warna terendah, menghasilkan konsentrasi akhir COD larutan warna sebesar 59.6076 ppm. Hal ini sudah memenuhi ketentuan pemerintah yang menyebutkan bahwa kadar COD maksimum yang boleh berada di badan air adalah 150 ppm.

#### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Harga koefisien perpindahan massa eksternal berkisar antara  $8.78197 \times 10^{-5}$  -  $0.035050581$  L/m<sup>2</sup>.menit
2. Konsentrasi larutan zat warna optimum yang dapat diremoval oleh bentonite clay terpillar adalah pada konsentrasi terendah 60 ppm.
3. Rasio massa bentonite-volume larutan optimum yang terbaik digunakan dalam proses adsorpsi adalah 2.5 gram/volume larutan.
4. Laju pengadukan optimum yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah pada 200 rpm.
5. Persen removal optimum adalah 97.947462 % dengan menggunakan bentonite terpillar Al.

#### Notasi

$C_o$  : konsentrasi solute awal ( mg/L )

ms : rasio berat bentonite – volume larutan (g/L)  
S<sub>s</sub> : luas permukaan spesifik bentonite (m<sup>2</sup>/L)  
k<sub>f</sub> : koefisien perpindahan massa eksternal (L/m<sup>2</sup>.menit)

**Daftar Pustaka**

1. Barrer, R.M., F.R.S., 1978, "Zeolith and Clay Minerals as Sorbents and Molecular Sieve", Academic Press, London
2. Geankoplis, Christie J. , 1993, "Transport Processes and Unit Operations", third edition, halaman 697-700, Prentice Hall, Inc., USA
3. Maron, Samuel H. , Lando, Jerome B. , 1974, "Fundamentals of Physical Chemistry", halaman 753-762, Macmillan Publishing Co, New York
4. McCabe, W.L., Smith, J.C., and Harriot, Peter, 1993, "Unit Operations of Chemical Engineering", fifth edition, McGraw Hill, New York
5. Ramakrishna, Konduru R., and Viraraghavan, T., 1997, "Dye Removal Using Low Cost Adsorbents", Water Research, 36, 189-196
6. Seader, E.J.H., 1998, "Separation Process Principles", John Wiley and Sons, Inc., USA
7. Treybal, Robert E. , 1981, "Mass-Transfer Operations", third edition, halaman 565-604, McGraw Hill, New York
8. Vansant, E.F., "Adsorption in Porous Materials", University of Antwerp, Belgium.
9. Walker G.M., Hansen L., Hanna J.A., and Allen S.J., 2002, "Kinetics of a reactive dye adsorption onto dolomitic sorbents", Water Research, 37, 2081-2089



**PUSAT STUDI ILMU TEKNIK  
UNIVERSITAS GADJAH MADA  
YOGYAKARTA**

# Sertifikat

diberikan kepada

**Ir.Hadiatni Rita P, M.Sc**

atas peran sertanya sebagai

Pemakalah

pada seminar nasional

## **PERKEMBANGAN RISET DAN TEKNOLOGI DI BIDANG INDUSTRI**

yang diselenggarakan oleh Pusat Studi Ilmu Teknik bekerjasama dengan  
Jurusan Teknik Kimia dan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
tanggal 25 Mei 2005



Yogyakarta, 25 Mei 2005  
Kepala,

Dr. Ir. H. Nizam, M.Sc.  
NIP. 131 755 736