



HIBAH PEKERTI

LAPORAN KEGIATAN

**SINTESIS SILIKA GEL TERENKAPSULASI SENYAWA  
ORGANIK AKTIF DARI ABU SEKAM PADI UNTUK ADSORPSI  
SELEKTIF ION LOGAM BERAT**

OLEH:

Dra. Sriyanti, M.Si

Dra. Taslimah, M.Si

Dr. Nuryono, MS

Prof. Dr. Narsito

DIBIYAI PROYEK PENINGKATAN PENELITIAN PENDIDIKAN TINGGI  
DENGAN SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN PENELITIAN NOMOR:

321/P4T/DPPM/HPTP/IV/2004

DIREKTORAT PEMBINAAN PENELITIAN DAN PENGABDIAN PADA  
MASYARAKAT

DIREKTORAT JENDRAL PENDIDIKAN TINGGI  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2004

UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft: 183/K1/mipalej  
24/05

## Halaman Pengesahan Laporan Penelitian HIBAH PEKERTI

1. a. Judul Penelitian : Sintesis Silika Gel Terenkapsulasi Senyawa Organik Aktif dari Abu Sekam Padi Untuk Adsorpsi Selektif Ion Logam Berat
- b. Bidang Ilmu : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
- c. Kategori Penelitian : Pengembangan IPTEKS
2. Ketua Tim Peneliti Pengusul (TPP)
  - a. Nama Lengkap & Gelar : Dra. Sriyanti, M.Si
  - b. Jenis Kelamin : Wanita
  - c. Gol/Pangkat/NIP : IIIb/Penata Tk. I/132 087 436
  - d. Jabatan Fungsional : Lektor
  - e. Jabatan Struktural : -
  - f. Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
  - g. Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian (LEMLIT) UNDIP Semarang
3. Jumlah Anggota Peneliti : 1 (satu) orang
  - a. Nama Anggota Peneliti I : Dra. Taslimah, M.Si
4. Ketua Tim Peneliti Mitra (TPM) : Dr. Nuryono, MS
5. Anggota Tim Peneliti Mitra : Prof. Dr. Narsito
6. a. Lokasi Penelitian Pengusul : Laboratorium Kimia Anorganik, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Diponegoro Semarang
- b. Lokasi Penelitian Mitra : Laboratorium Kimia Anorganik, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
7. Lama Penelitian : 2 tahun
8. Biaya Penelitian : 1. Thn I disetujui Rp. 65.000.000,-  
2. Thn II diusulkan Rp. 75.000.000,-
9. Sumber Dana : HIBAH PEKERTI DIKTI DEPDIKNAS

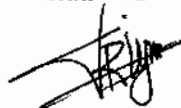
Semarang, 8 Nopember 2004

Ketua TPM



Dr. Nuryono, MS  
NIP. 131 803 528

Ketua TPP



Dra. Sriyanti, M.Si  
NIP. 132 087 436

Mengetahui:

Dekan Fakultas MIPA  
Universitas Diponegoro



Dr. W. Sudi, M.S.

Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Diponegoro



Dr. I. G. Riwanto, Sp.Bd  
NIP. 131 529 454

## **SINTESIS SILIKA GEL TERENKAPSULASI SENYAWA ORGANIK AKTIF DARI ABU SEKAM PADI UNTUK ADSORPSI SELEKTIF ION LOGAM BERAT**

Sriyanti, Taslimah, Nuryono, Narsito  
2004, 56 halaman

Dalam upaya peningkatan nilai guna limbah sekam padi yang tersedia secara melimpah di Indonesia, dalam penelitian ini dilakukan pengkajian terhadap pembuatan adsorben berbasis silika yang berasal dari sekam padi dan penerapannya untuk adsorben ion logam berat yang berpotensi sebagai polutan di lingkungan perairan. Tujuan khusus dari penelitian adalah merekayasa suatu material baru, yang merupakan hibridisasi dari material anorganik berbasis silika dari abu sekam padi dengan suatu gugus organik yang berfungsi sebagai adsorben

Metode hibridisasi yang dipilih adalah enkapsulasi, yaitu imobilisasi gugus aktif dengan cara mereaksikan senyawa organik pada saat proses pembentukan silika gel melalui proses sol-gel dari natrium silikat yang berasal dari abu sekam padi sehingga diharapkan bahan hibrida yang dihasilkan mempunyai kekuatan mekanik yang lebih tinggi dan mempunyai ketahanan termal. Pada penelitian ini dipilih gugus aktif  $-SH$  (tiol) yang diprediksi mempunyai kemampuan mengadsorpsi dengan baik ion logam-logam lunak. Keberhasilan proses enkapsulasi diuji dengan melihat keberadaan gugus aktif dengan spektrofotometer inframerah, dan tingkat kekristalan dengan defraktometer sinar-x. Selanjutnya produk yang terbentuk digunakan untuk mengadsorpsi ion logam yang bersifat sebagai asam lunak [kadmium(II)] dan asam menengah [tembaga(II)].

Hasil penelitian menunjukkan penambahan gugus aktif pada larutan natrium silikat dari abu sekam padi, dilanjutkan pengasaman dapat membentuk padatan silika gel yang mempunyai gugus aktif seperti yang diharapkan. Kesimpulan tersebut didukung oleh kesesuaian data adsorpsi, bahwa kadmium(II) sebagai asam lunak lebih mudah teradsorpsi pada silika gel dengan gugus aktif  $-SH$  (SG-MPTS), sedangkan tembaga(II) yang merupakan asam menengah lebih mudah teradsorpsi pada silika gel tanpa tambahan gugus aktif.

# **SYNTHESIS OF SILICA GEL – ENCAPSULATED ACTIVE ORGANIC GROUP FROM RICE HULL ASH FOR HEAVY METAL ADSORPTION SELECTIVITY**

Sriyanti, Taslimah, Nuryono, Narsito

56 pages

In order to increase utility of rice hull ash as waste rice agriculture, in this research has been studied synthesis of silica gel encapsulated active organic group from rice hull ash for heavy metal adsorption selectivity. Special goal of this research was to obtain the new material by hybridization between inorganic material based on silica from rice hull ash with one of functional organic group what has an adsorbent function.

Encapsulation method has been chosen, because functional organic group was added directly when silica host matrixes has been formed, so the result will be has higher mechanical strength and enhanced thermal stability. In this research, the thiol group (-SH) had chosen in order to adsorb the soft acids heavy metal. Characterization had been done by infra red spectrometry to identify the functional groups and x-ray diffractometer to find crystals type of the solid. Moreover, the adsorbents were used to adsorb cadmium(II) as soft acid and copper(II) as borderline acid.

Result showed that encapsulation thiol group on silica from rice hull ash was successful. This conclusion is agree well with the adsorption data, that cadmium (II) as soft acid could be adsorb well on silica gel with thiol group, but copper(II) as borderline acid prefer adsorb on silica gel without thiol group.

## DAFTAR ISI

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN.....	i
RINGKASAN.....	ii
SUMMARY.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang Penelitian.....	2
I.2 Perumusan Masalah.....	6
I.3 Tujuan Penelitian.....	7
II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
II.1 Logam Berat dan Adsorpsi.....	9
II.1.1 Laju adsorpsi: Model Kinetika Langmuir-Hinshelwood.....	10
II.1.2 Kapasitas dan energi adsorpsi: Isoterm adsorpsi Langmuir.....	12
III METODE PENELITIAN.....	14
III.1 Bahan Penelitian.....	14
III.2 Peralatan Penelitian.....	15
III.3 jalan Penelitian.....	16
III.3.1 Preparasi dan karakterisasi bahan hibrida melalui enkapsulasi.....	16
A. Pembuatan abu sekam padi.....	16
B. Pembuatan larutan natrium silikat.....	16

C. Pembuatan silika gel.....	17
D. Pembuatan bahan hibrida silika gel terenkapsulasi 3- merkaptopropiltrimetoksisilan.....	17
III.3.2 Kajian adsorpsi.....	18
A. Adsorpsi Cd(II) dan Cu(II) pada silika gel terenkapsulasi 3- merkaptopropiltrimetoksisilan (MPTS).....	18
B. Adsorpsi campuran Cd(II) dan Cu(II) pada adsorben SG-MPTS dan SG.....	19
IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
IV.1 Karakteristik Adsorben Silika Gel dari Abu Sekam padi yang Terenkapsulasi Senyawa Organik Aktif 3-Merkaptopropiltrimetoksisilan.....	21
IV.1.1 Abu sekam padi.....	21
IV.1.2 Pembuatan silika gel.....	24
IV.1.3 Pembuatan silika gel terenkapsulasi 3-merkaptopropitrimetoksisilan (MPTS) melalui proses sol-gel.....	27
IV.2 Karakteristik Adsorpsi Kadmium(II) pada Adsorben Silika Gel dari Abu Sekam Padi yang Terenkapsulasi Senyawa Organik Aktif 3-Merkaptopropiltrime- toksisilan.....	32
IV.2.1 Laju Adsorpsi.....	32
IV.2.2 Kapasitas dan energi adsorpsi.....	34
IV.2.3 Pengaruh pH.....	36
IV.3 Karakteristik Adsorpsi Tembaga(II) pada Adsorben Silika Gel dari Abu Sekam Padi yang Terenkapsulasi Senyawa Organik Aktif 3-Merkaptopropiltrime- toksisilan.....	37
IV.3.1 Laju Adsorpsi.....	37
IV.3.2 Kapasitas dan energi adsorpsi.....	39
IV.3.3 Pengaruh pH.....	40

IV.4 Karakteristik Adsorpsi Kadmium(II) dan Tembaga(II) pada Adsorben Silika Gel dari Abu Sekam Padi yang Terenkapsulasi Senyawa Organik Aktif 3-Merkaptopropiltrimetoksisilan dalam Larutan Campuran Logam.....	41
IV.4.1 Pengaruh besarnya konsentrasi ion logam pengganggu terhadap adsorpsi.....	42
IV.4.2 Pengaruh adanya ion logam pengganggu terhadap adsorpsi ion logam pada berbagai pH.....	43
IV.4.3 Selektivitas.....	46
V KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
V.1 Kesimpulan.....	48
V.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Interpretasi spektra inframerah dari abu sekam padi dengan temperatur pengabuan 600°C.....	22
Tabel IV.2 Interpretasi serapan karakteristik inframerah untuk silika gel.....	26
Tabel IV.3 Konstanta laju adsorpsi $k_1$ untuk adsorpsi kadmium(II) pada adsorben SG dan SG-MPTMS menurut model kinetika adsorpsi Langmuir-Hinshelwood.....	33
Tabel IV.4 Kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi Cd(II) pada adsorben SG-MPTS dan SG.....	35
Tabel IV.5 Konstanta laju adsorpsi $k_1$ untuk adsorpsi tembaga(II) pada adsorben SG dan SG-MPTMS menurut model kinetika adsorpsi Langmuir-Hinshelwood.....	38
Tabel IV.6 Kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi Cu(II) pada SG-MPTS dan SG.....	39



## DAFTAR GAMBAR

Gambar IV.1 Pola serapan inframerah dari abu sekam padi pada temperatur pengabuan 600°C.....	22
Gambar IV.2 Difraktogram abu sekam padi pada pengabuan 600°C.....	23
Gambar IV.3 Spektra inframerah dari silika gel.....	26
Gambar IV.4 Spektra inframerah dari silika gel-MPTS.....	29
Gambar IV.5 Difraktogram dari abu sekam padi.....	30
Gambar IV.6 Spektra inframerah dari silika gel-MPTS.....	31
Gambar IV.7 Banyaknya Cd(II) yang teradsorpsi pada berbagai waktu interaksi.....	33
Gambar IV.8 Kurva Isoterm adsorpsi Cd(II) pada adsorben silika gel dan silikagel-MPTS.....	34
Gambar IV.9 Adsorpsi Cd(II) pada berbagai pH.....	36
Gambar IV.10 Banyaknya Cu(II) yang teradsorpsi pada berbagai waktu interaksi.....	38
Gambar IV.11 Kurva Isoterm adsorpsi Cu(II) pada adsorben silika gel dan silikagel-MPTS.....	39
Gambar IV.12 Adsorpsi Cu(II) pada berbagai pH.....	41
Gambar IV.13 Pengaruh adanya Cu(II) pada adsorpsi Cd(II) dalam campuran Cd(II)-Cu(II).....	42
Gambar IV.14 Pengaruh adanya Cd(II) pada adsorpsi Cu(II) dalam campuran Cd(II)-Cu(II).....	43
Gambar IV.15 Pengaruh Cu(II) terhadap adsorpsi Cd(II) dilihat dari perubahan koefisien distribusinya.....	44
Gambar IV.16 Pengaruh Cu(II) terhadap adsorpsi Cd(II) dilihat dari perubahan koefisien distribusinya.....	45
Gambar IV.17 Pengaruh pH terhadap adsorpsi campuran Cd(II) dan Cu(II).....	46
Gambar IV.18 Kurva hubungan antara besarnya pH larutan terhadap besarnya faktor pemisahan ( $\alpha$ ) pada kedua adsorben.....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kurva regresi linear $[\ln(C_0/C_m)]/(C_0-C_m)$ vs $t/(C_0-C_m)$ untuk adsorpsi Cd(II) pada SG-MPTS.....	53
Lampiran 2. Kurva regresi linear $[\ln(C_0/C_m)]/(C_0-C_m)$ vs $t/(C_0-C_m)$ untuk adsorpsi Cd(II) pada SG.....	53
Lampiran 3. Kurva regresi linear $[\ln(C_0/C_m)]/(C_0-C_m)$ vs $t/(C_0-C_m)$ untuk adsorpsi Cu(II) pada SG-MPTS.....	54
Lampiran 4. Kurva regresi linear $[\ln(C_0/C_m)]/(C_0-C_m)$ vs $t/(C_0-C_m)$ untuk adsorpsi Cu(II) pada SG.....	54
Lampiran 5. Kurva regresi linear $C/m$ vs $C$ untuk adsorpsi Cd(II) pada SG-MPTS.....	55
Lampiran 6. Kurva regresi linear $C/m$ vs $C$ untuk adsorpsi Cd(II) pada SG.....	55
Lampiran 7 . Kurva regresi linear $C/m$ vs $C$ untuk adsorpsi Cu(II) pada SG-MPTS.....	56
Lampiran 8 . Kurva regresi linear $C/m$ vs $C$ untuk adsorpsi Cu(II) pada SG.....	56

# I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang Penelitian

Saat ini telah banyak ditemukan bahan baru yang mempunyai kegunaan sebagai adsorben, di samping untuk berbagai keperluan lain. Untuk bahan jenis anorganik, misalnya, telah banyak disintesis senyawa oksida logam dengan karakteristik tertentu seperti zeolit mesopori, lempung terpillar, silika gel, dan lain-lain yang dapat digunakan selain sebagai adsorben juga untuk katalis, penukar ion, dan lain-lain. Penggunaan bahan-bahan anorganik seperti di atas relatif lebih menguntungkan dibanding bahan organik karena kestabilan yang tinggi terhadap mekanik, temperatur dan pada berbagai kondisi keasaman. Di antara bahan anorganik di atas, silika gel merupakan bahan yang banyak digunakan. Bahan itu memiliki kelebihan dalam hal kestabilan kimia terhadap sifat asam atau basa, jika dibandingkan dengan bahan lain seperti zeolit. Silika gel dapat disintesis melalui proses sol-gel dengan melakukan kondensasi larutan natrium silikat dalam suasana asam. Natrium silikat diperoleh dari peleburan mineral kuarsa (silika) yang merupakan komponen utama pasir kuarsa dengan natrium karbonat (Scott, 1993). Kelemahan penggunaan pasir kuarsa sebagai bahan dasar pembuatan bahan berbasis silika adalah tingginya kekristalan bahan dan banyaknya komponen logam. Tingginya kekristalan mengakibatkan proses peleburan berlangsung pada temperatur tinggi dan perlu waktu yang relatif lama. Banyaknya komponen logam berakibat pada rendahnya kemurnian logam yang dihasilkan. Berdasarkan komposisi kimia dengan silika merupakan komponen utama (94,5 %, Priyosulistyo, 1999), abu sekam padi nampak dapat menggantikan posisi pasir kuarsa sebagai bahan pembuatan silika gel. Pembuatan silika gel dari abu sekam padi diperkirakan lebih menguntungkan daripada dengan

menggunakan pasir kuarsa. Di samping kandungan silika yang tinggi, abu sekam padi bersifat amorf dan tidak sekeras pasir kuarsa sehingga untuk peleburan abu sekam padi tidak memerlukan waktu yang lama dan temperatur yang tinggi. Di samping itu sebagai negara yang dikenal agraris, padi merupakan penghasilan utama bagi petani. Gabah kering menghasilkan beras (70%), sekam (22%) dan rambut (8%). Setiap tahun Indonesia dapat memproduksi 1,3 sampai 3,0 juta ton abu sekam padi (Priyosulistyo dkk, 1999), di mana sampai saat ini pemanfaatannya masih terbatas sebagai bahan penggosok dan campuran pembuatan genteng dan bata yang dilakukan secara konvensional. Tingginya kandungan silika pada abu sekam padi telah mendorong berbagai penelitian tentang pemanfaatan abu sekam padi untuk pembuatan bahan berbasis silika, di antaranya sebagai bahan pembuatan zeolit ( Arryanto dkk, 1994 dan Ramli dkk, 2000), sebagai bahan pembuatan silikon karbida (SiC) (Hartono dkk, 1992), dan Enymia dkk (1998) telah melakukan pembuatan silika gel kering dari sekam padi untuk bahan pengisi karet.

Bahan anorganik berbasis silika seperti zeolit dan silika gel kurang berdaya guna dalam berbagai kepentingan kimia karena tidak adanya situs aktif yang dapat berperan secara efektif pada bahan tersebut. Sementara itu, bahan yang mempunyai situs aktif, biasanya bahan organik, tidak stabil dan mudah larut dalam berbagai pelarut. Oleh karena itu, sebagai salah satu upaya peningkatan kemampuan bahan berbasis silika seperti silika gel perlu ditambahkan bahan organik yang mengandung situs aktif terhadap ion logam berat untuk mendapatkan bahan hibrida berupa adsorben yang memiliki efektivitas dan selektivitas tinggi terhadap ion logam tersebut. Proses penambahan gugus fungsional pada padatan pendukung dikenal sebagai imobilisasi gugus fungsional. Karena pada umumnya padatan pendukung berupa bahan anorganik, sedangkan senyawa aktif berupa

bahan organik maka proses tersebut disebut juga hibridisasi antara bahan anorganik dengan bahan organik. Sejumlah teknik hibridisasi seperti adsorpsi fisik, pengikatan secara kovalen atau polimerisasi telah lama dikaji untuk memperoleh teknik yang memberikan hasil banyak tanpa menurunkan aktivitas gugus fungsional dengan reproduksibilitas dan stabilitas tinggi. Penambahan senyawa aktif 2-Merkaptobenzotiazol pada padatan pendukung zeolit alam secara fisik, dan hasilnya digunakan untuk adsorpsi selektif campuran ion logam Cd(II)-Fe(III) (Sriyanti dkk, 2001), demikian juga dengan padatan pendukung tanah diatome (Sriyanti dkk, 2003). Imobilisasi secara fisik mudah dilakukan tetapi memiliki kelemahan, yaitu interaksinya lemah sehingga mudah rusak dan tidak stabil dalam waktu yang lama. Selain zeolit, silika gel merupakan bahan yang paling banyak digunakan, karena berbagai kelebihan yang dimilikinya seperti sangat inert, hidrofilik dan biaya sintesis tidak tinggi. Di samping itu, bahan ini mempunyai kestabilan termal dan mekanik cukup tinggi, relatif tidak mengembang dalam pelarut organik jika dibandingkan dengan padatan polimer organik. Sejumlah aplikasi silika terimobilisasi gugus fungsional secara kovalen sudah dikerjakan, seperti penggunaan silika terimobilisasi gugus iminodiasetat (IDA) untuk pemisahan ion alkalitanah (Nuryono, 1998a), dan terimobilisasi gugus sulfonat telah berhasil untuk pemisahan dan penentuan logam tanah jarang (Nuryono dkk, 1998b). Untuk mengkaji pemisahan ion alkali telah dilakukan pula sintesis silika terimobilisasi gugus eter mahkota (Nuryono, 2001). Untuk aplikasi di bidang pemisahan kromatografi untuk ion anorganik, biasanya senyawa yang mengandung gugus fungsional terimobilisasi pada padatan pendukung melalui interaksi kimia (kovalen). Imobilisasi secara kimia mempunyai kelebihan yaitu

mempunyai stabilitas tinggi dan tidak rusak dalam waktu yang lama, tetapi prosesnya relatif rumit.

Teknik lain yang banyak digunakan untuk imobilisasi situs aktif adalah enkapsulasi. Bhatia dkk (2000) telah mengenkapsulasi protein dalam silika gel, sedangkan Cestari dkk (2000) juga telah melakukan enkapsulasi ligan organik pada proses sol-gel untuk adsorpsi kation divalen. Sintesis silika gel terenkapsulasi enzim dari abu sekam padi juga telah dikerjakan, dan hasilnya digunakan sebagai biosensor (Nuryono dkk, 2003). Teknik enkapsulasi dilakukan dengan mereaksikan senyawa aktif pada saat terjadi proses pembentukan padatan pendukung (yang biasanya melalui proses sol-gel). Proses ini lebih sederhana dan cepat karena reaksi pengikatan berlangsung bersamaan dengan proses terjadinya padatan.

Logam berat didefinisikan sebagai kelompok unsur logam dan metaloid dengan massa jenis lebih besar dari  $6 \text{ g/cm}^3$ . Di bidang lingkungan, istilah logam berat dikenal secara luas sebagai unsur logam yang berkaitan dengan polusi dan masalah toksisitas diantaranya Cd, Zn, Cu, dan Fe. Beberapa unsur dalam kelompok ini dibutuhkan oleh organisme hidup dalam jumlah tertentu untuk pertumbuhan normal (unsur runtu esensial) tetapi pada konsentrasi berlebihan menyebabkan keracunan. Unsur seperti Cd yang belum ketahu peran esensialnya dalam fungsi biokimia tetapi dapat menyebabkan toksisitas pada konsentrasi yang tinggi sering dikenal sebagai unsur non esensial atau unsur toksik (mengacu pada sifat toksisitasnya). Sejauh ini kelompok unsur non esensial tidak mengakibatkan terjadinya perubahan atau gangguan pertumbuhan pada organisme hidup pada konsentrasi batas tertentu. Efek toksisitas yang disebabkan oleh konsentrasi logam toksik yang tinggi meliputi penggantian ion esensial, reaksi dengan gugus tiol (-SH),

merusak membran sel, dan reaksi dengan gugus fosfat dari ADP dan ATP (Alloway dan Ayres, 1997).

Mengacu pada toksisitas beberapa logam berat di atas, kesadaran untuk menghindari polusi ion logam berat sebagai hasil dari buangan limbah padat atau cair yang konsentrasinya tinggi meningkat pesat pada puluhan tahun terakhir ini. Salah satu upaya untuk menurunkan polusi ion logam berat adalah melalui teknik adsorpsi. Beberapa hasil penelitian tentang penggunaan berbagai adsorben untuk ion logam berat telah dilaporkan. Jin dkk (1996) melaporkan kajian kinetika adsorpsi ion logam berat (Cr, Pb, Cu, Ag, Cd, Co) pada senyawa humat. Tanah diatome, salah satu sumber daya alam yang mempunyai kelimpahan tinggi di Indonesia, telah dicoba sebagai adsorben alternatif untuk beberapa ion logam berat. Nuryono dkk (2000) melaporkan kemampuan tanah diatomie dan efek perlakuan dengan pemanasan terhadap adsorpsi Cr(III) dan Cd(II) dalam larutan. Secara umum dapat disimpulkan bahwa di samping porositas, keberadaan situs aktif sangat penting agar adsorben memiliki efektivitas dan selektivitas tinggi. Oleh karena itu, penambahan situs aktif tertentu pada permukaan padatan pendukung tanpa mengakibatkan perubahan porositasnya dihipotesiskan mampu meningkatkan efektivitas dan selektivitas adsorben. Penambahan situs aktif karboksilat dan sulfonat dapat mengefektifkan adsorpsi terhadap ion logam keras seperti Fe(III), Cr(III), Ni(II), Cu(II), dan Zn(II), sedangkan situs aktif tiol dapat mengefektifkan adsorpsi untuk ion logam lunak seperti Pb(II), Cd(II), dan Hg(II).

## **I.2 Perumusan masalah**

Silika gel merupakan padatan anorganik yang sangat inert, hidrofilik dan biaya sintesisnya relatif murah. Di samping itu, bahan tersebut mempunyai kestabilan termal dan mekanik yang cukup tinggi, relatif tidak mengembang dalam pelarut organik, sehingga banyak digunakan sebagai padatan pendukung (host matrix) untuk adsorben, katalis, penukar ion dan lain-lain. Kelemahannya adalah terbatasnya situs aktif (gugus fungsional) yang dimiliki, yaitu silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) sehingga kurang berperan dalam proses kimia. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, perlu dilakukan pengikatan gugus fungsional aktif (biasanya dimiliki oleh bahan-bahan organik) terhadap padatan tersebut. Salahsatu cara yang dapat dilakukan adalah teknik enkapsulasi.

Teknik enkapsulasi dilakukan dengan mereaksikan senyawa aktif pada saat terjadi proses pembentukan padatan pendukung (melalui proses sol-gel); proses ini lebih sederhana dan cepat karena reaksi pengikatan berlangsung bersamaan dengan proses terjadinya padatan, maka diprediksikan bahan hibrida yang dihasilkan relatif kuat ikatannya dan lebih stabil dalam jangka waktu yang lama sehingga dimungkinkan dapat digunakan berulang (reproduksibel).

Gugus organik aktif yang dipilih adalah -SH(tiol) dari 3-merkaptopropiltrimetoksisilan, karena gugus -SH yang merupakan basa lunak mudah berinteraksi dengan asam lunak, sehingga selain uji karakteristik berupa, jenis gugus fungsional yang ada, kekristalan, juga diuji interaksinya melalui adsorpsi dengan asam lunak [ion logam Cd(II)] dan asam menengah [ion logam Cu(II)].

Bahan anorganik berbasis silika seperti silika gel dapat dibuat melalui proses sol-gel dengan melakukan kondensasi larutan natrium silikat dalam suasana asam. Natrium



silikat diperoleh dari peleburan mineral kuarsa (silika) yang merupakan komponen utama pasir kuarsa dengan natrium karbonat (Scott, 1993). Di samping pasir kuarsa, abu sekam padi merupakan limbah padat yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan komposisi kimia dengan silika merupakan komponen utama (di atas 90%), abu sekam padi kemungkinan dapat menggantikan posisi pasir kuarsa sebagai bahan pembuatan silika gel. Di samping kandungan silika yang tinggi (kurang-lebih sama dengan kandungan silika dalam pasir kuarsa), abu sekam padi bersifat amorf dan tidak sekeras pasir kuarsa sehingga untuk peleburan abu sekam padi tidak memerlukan waktu yang lama dan temperatur yang tinggi

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Dengan melihat latar belakang dan perumusan masalah yang sudah diuraikan di atas, penelitian ini mempunyai tujuan utama sebagai berikut:

Mensintesis bahan hibrida berbasis silika baru dengan proses enkapsulasi (reaksi penambahan gugus aktif bersamaan dengan pembentukan padatan pendukung melalui proses sol-gel) dari bahan dasar abu sekam padi dari Klaten, Jawa Tengah yang stabil dengan efektivitas dan selektivitas tinggi terhadap ion logam berat.

Dengan tujuan khusus sebagai berikut:

1. Mensintesis dan mengkarakterisasi bahan hibrida berbasis silika dari abu sekam padi dengan gugus aktif -SH (tiol) untuk adsorpsi selektif ion logam berat Cd(II) dan Cu(II) dalam medium air.
2. Merumuskan korelasi fisis dan kimiawi antara jenis gugus fungsional dengan efektivitas dan selektivitas adsorpsi ion logam berat Cd(II) dan Cu(II).

3. Meningkatkan kemampuan peneliti dalam bidang sintesis material anorganik, mendorong perintisan riset bidang material anorganik dan menciptakan lingkungan ilmiah baru di lingkungan TPP setelah pelaksanaan penelitian ini berakhir
4. Meningkatkan nilai ekonomis sekam padi dari Klaten, Jawa Tengah serta rekomendasi awal untuk pengendalian lingkungan perairan terutama terhadap polutan ion logam berat Cd(II) dan Cu(II).