

**SKRIPSI**

**PEMBUATAN NANOKOMPOSIT *MAGNETIC MESOPOROUS*  
*SILICA* FDU-12 TERMODIFIKASI THIOL SEBAGAI PENYERAP  
LOGAM TIMBAL**



Diajukan oleh :

Bryan Hubert                      5203014012

Yoko Setiawan                    5203014020

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA  
SURABAYA  
2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **SKRIPSI** bagi mahasiswa tersebut di bawah jni:

**Nama : Bryan Hubert**

**NRP : 5203014012**

telah diselenggarakan pada tanggal 23 Mei 2017, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 30 Mei 2017

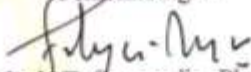
Pembimbing I



Sandy Budi Hartono, Ph.D.

NIK. 521.99.0401

Pembimbing II



Felycia E. Soetaredjo, Ph.D.

NIK. 521.99.0391

Dewan Penguji

Ketua



Suryadi Ismadi, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Sekretaris



Sandy Budi Hartono, Ph.D.

NIK. 521.99.0401

Anggota



Wenny Irawaty, Ph.D.

NIK. 521.95.0221

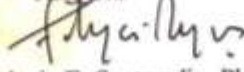
Anggota



Dr. Ir. Suratno L., MS.

NIK. 521.87.0127

Anggota



Felycia E. Soetaredjo, Ph.D.

NIK. 521.99.0391

Mengetahui



## LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **SKRIPSI** bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama : **Yoko Setiawan**

NRP : **5203014020**

telah diselenggarakan pada tanggal 23 Mei 2017, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 30 Mei 2017

Pembimbing I

Sandy Budi Hartono, Ph.D.  
NIK. 521.99.0401

Pembimbing II

Felycia E. Soetaredjo, Ph.D.  
NIK. 521.99.0391

Dewan Penguji

Ketua

Suryadi Ismadji, Ph.D.  
NIK. 521.93.0198

Sekretaris

Sandy Budi Hartono, Ph.D.  
NIK. 521.99.0401

Anggota

Wenny Irawaty, Ph.D.  
NIK. 521.95.0221

Anggota

Dr. Ir. Suratno L., MS.  
NIK. 521.87.0127

Anggota

Felycia E. Soetaredjo, Ph.D.  
NIK. 521.99.0391

Mengetahui



**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Unika Widya Mandala Surabaya :

Nama : Bryan Hubert  
NRP : 5203014012

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya :

Judul :  
Pembuatan Nanokomposit *Magnetic Mesoporous Silica* FDU-12  
Termodifikasi Thiol sebagai Penyerap Logam Timbal

Untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (*Digital Library* Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 30 Mei 2017

Yang menyatakan,



(Bryan Hubert)  
5203014012

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Unika Widya Mandala Surabaya :

Nama : Yoko Setiawan  
NRP : 5203014020

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya :

Judul :  
Pembuatan Nanokomposit *Magnetic Mesoporous Silica* FDU-12  
Termodifikasi Thiol sebagai Penyerap Logam Timbal

Untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (*Digital Library* Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 30 Mei 2017

Yang menyatakan,



(Yoko Setiawan)  
5203014020

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa skripsi ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar **Sarjana Teknik**.

Surabaya, 30 Mei 2017



Bryan Huerti

Yoko Setiawan

5203014012

5203014020

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Nanokomposit *Magnetic Mesoporous Silica* FDU-12 Termodifikasi Thiol sebagai Penyerap Logam Timbal” tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Atas selesainya pembuatan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Sandy Budi Hartono, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak masukan dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan yang baik dalam penelitian ini.
2. Felycia Edi Soetaredjo, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak masukan dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan yang baik dalam penelitian ini.
3. Ir. Suryadi Ismadji, MT., Ph.D.; Wenny Irawaty, ST., MT., Ph.D.; dan Dr. Ir. Suratno L., MS., selaku Dewan Penguji yang telah memberikan masukan dalam penelitian ini.
4. Felycia Edi Soetaredjo, Ph.D., selaku Ketua Laboratorium Proses Jurusan Teknik Kimia; Ir. Yohanes Sudaryanto, MT., selaku Ketua Laboratorium Kimia Organik Jurusan Teknik Kimia; Ir. Suryadi Ismadji, MT., Ph.D., selaku Ketua Laboratorium Instrument Jurusan Teknik Kimia yang telah memberi kemudahan dalam penggunaan dan peminjaman alat-alat laboratorium.

5. Bpk. Novi selaku laboran Laboratorium Kimia Organik Jurusan Teknik Kimia dan Bpk. Pudjo selaku laboran Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia, yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
6. Ir. Suryadi Ismadji, MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
7. Sandy Budi Hartono, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala.
8. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang secara tidak langsung telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan baik secara materi maupun non-materi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Seluruh rekan-rekan di lingkungan kampus maupun di luar kampus yang telah membantu penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, dan bagi para pembaca yang budiman.

Surabaya, 30 Mei 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
LEMBAR PERNYATAAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
INTISARI .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1    Latar Belakang .....	1
I.2    Perumusan Masalah.....	4
I.3    Tujuan Penelitian.....	4
I.4    Pembatasan Masalah .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1    Adsorpsi.....	5
II.2    Logam Berat.....	6
II.3    Mesoporous.....	11
II.4    Mesoporous silica.....	11
II.5    Fudan University-12 (FDU-12) .....	11
II.6    Iron oxide.....	12

II.7	3-Mercaptopropyltrimethoxysilane (MPTMS/Thiol) .....	14
II.8	Isoterm Adsorpsi .....	15
II.9	Kinetika Adsorpsi.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....		19
III.1	Rancangan Penelitian .....	19
III.2	Variabel Penelitian .....	22
III.3	Bahan dan Alat.....	22
III.4	Prosedur Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		41
DAFTAR PUSTAKA.....		42
LAMPIRAN A.....		46
LAMPIRAN B .....		49
LAMPIRAN C .....		54
LAMPIRAN D.....		55

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Penelitian Terdahulu tentang Adsorpsi $Pb^{2+}$ .....	8
Tabel IV.1	Hasil Analisa FTIR MS, MMS, dan SH-MMS .....	32

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Morfologi FDU-12 menggunakan TEM.....	12
Gambar II.2 Morfologi <i>magnetic mesoporous silica</i> dengan menggunakan TEM sampel (a) dengan TEOS konsentrasi rendah dan (b) dengan TEOS konsentrasi tinggi .....	13
Gambar III.1 Skema Rancangan Penelitian Penyerapan Logam Timbal .....	21
Gambar IV.1 Hasil Sintesa Berupa (a) MS, (b) MMS, dan (c) SH-MMS .....	29
Gambar IV.2 Hasil Analisa FTIR pada MS, MMS, dan SH-MMS .....	30
Gambar IV.3 Pengaruh modifikasi adsorben.....	32
Gambar IV.4 pH Optimum .....	33
Gambar IV.5 $pH_{pzc}$ .....	35
Gambar IV.6 Kinetika adsorpsi : <i>Pseudo-first order</i> .....	36
Gambar IV.7 Kinetika Adsorpsi : <i>Pseudo-second order</i> .....	37
Gambar IV.8 Isoterm adsorpsi freundlich .....	38
Gambar IV.9 Isoterm adsorpsi langmuir .....	39

## INTISARI

Penanganan logam berat pada limbah cair di Indonesia masih terbatas, sejauh ini limbah logam berat telah diolah dengan berbagai cara seperti pengendapan, penggumpalan, ekstraksi pelarut, evaporasi, *ion exchange* dan adsorpsi. Namun pengoperasian pengolahan limbah ini masih belum efektif. Cara yang sedang dikembangkan adalah adsorpsi karena dapat dikatakan bahwa cara ini merupakan cara yang paling efektif dan efisien dalam menyerap logam berat pada limbah cair. Dalam penelitian ini digunakan komposit *mesoporous silica-iron oxide* yang dimodifikasi dengan gugus thiol (SH-MMS) yang berukuran sangat kecil untuk menyerap logam Pb pada limbah industri.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari kemampuan adsorpsi nanokomposit *mesoporous silica* termodifikasi thiol (SH-MMS) sebagai adsorben yang dapat menyerap logam timbal secara efisien. Hal tersebut dipelajari dengan menggunakan kinetika adsorpsi (*pseudo first order* dan *pseudo second order*) dan isoterm adsorpsi (Freundlich dan Langmuir). *Mesoporous silica* yang digunakan adalah tipe FDU-12 yang memiliki ukuran pori cukup besar dibandingkan SBA-15 dan MCM-41 yang biasa digunakan. SH-MMS dibuat melalui berbagai tahap, tahap pertama adalah pembuatan material berpori FDU-12, kemudian melakukan modifikasi menggunakan *iron oxide* dan MPTMS. Setelah itu, nanokomposit SH-MMS diuji karakteristiknya menggunakan FTIR untuk memastikan keberadaan gugus organik di dalamnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses penyerapan timbal terbaik dihasilkan oleh nanokomposit *magnetic mesoporous silica* termodifikasi gugus thiol (SH-MMS) dengan  $q_e$  sebesar 286.8148 mgr/gr pada pH 6 dan waktu jenuh 2 jam dalam larutan timbal nitrat berkonsentrasi rendah, yaitu 60 ppm. Persamaan kinetika adsorpsi dan isoterm adsorpsi yang lebih cocok untuk menggambarkan proses adsorpsi timbal menggunakan SH-MMS adalah persamaan *Pseudo Second Order* dan Langmuir dengan nilai  $R^2$  masing-masing sebesar 0,9984 dan 0,9969.

## ABSTRACT

The treatment activity of wastewater in Indonesia is still limited which have been treat by conventional methods like precipitation, coagulation, solvent extraction, evaporation, ion exchange, and adsorption, these methods still not effective. The method which is potentially developed is adsorption because of its effectiveness and efficiency in the sorption of heavy metals in wastewater. In this research, thiol-functionalized magnetic mesoporous silica (SH-MMS) in micron sized is used as a nanosorbent of lead in industrial wastewater.

The aim of this research is to study about the adsorption of lead using functionalized SH-MMS nanocomposite material which have the high efficient in lead sorption. This can be raise by using the kinetic adsorption equation (*pseudo first order and pseudo second order*) and isotherm adsorption equation (Freundlich and Lagmuir). In this work, the mesoporous silica will be used is FDU-12 type which has the high pore size than another common type, like SBA-15 and MCM-41. Nanocomposite SH-MMS is being synthesized through several steps. First, the synthesized of mesoporous silica FDU-12, then modify it by *iron oxide* and thiol site (3-mercaptopropyltriorganosilane). After that, the SH-MMS is analyze by FTIR to ensure the availability of organic band in MMS and SH-MMS.

The result of this research showed that the adsorbent which could give the best sorption capacity for lead sorption is thiol-functionalized magnetic mesoporous silica (SH-MMS), with  $q_e = 286.8148$  mgr/gr at the optimum pH 6 and equilibrium time within 2 hours in a low concentration of lead (II) nitrate solution (60 ppm). The kinetic adsorption and isotherm adsorption equation which best represented the lead adsorption by SH-MMS was pseudo second order kinetic adsorption and Langmuir isotherm adsorption with correlation coefficient  $R^2$  were 0,9984 and 0,9969, respectively.