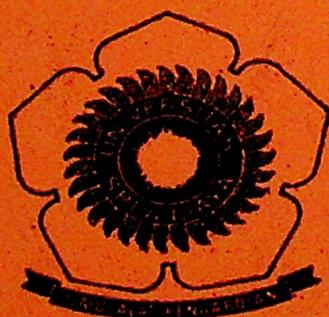


**PENGARUH RASIO BERAT MONTMORILLONIT-TIO₂
TERHADAP POROSITAS MONTMORILLONIT-TIO₂**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
di bidang Studi Kimia pada Fakultas Mipa**

Oleh:
HARDI AJI BADARWI
08061003049



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2011**

S
332.195.209
Har
P
2011



**PENGARUH RASIO BERAT MONTMORILLONIT-TiO₂
TERHADAP POROSITAS MONTMORILLONIT-TiO₂**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
di bidang Studi Kimia pada Fakultas Mipa**

Oleh:
HARDI AJI BADARWI
08061003049



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2011**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH RASIO BERAT MONTMORILLONIT-TiO₂
TERHADAP POROSITAS MONTMORILLONIT -TiO₂

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :
HARDI AJI BADARWI
08061003049

Pembimbing I

Addy Rachmat, S.Si. M.Si.
NIP. 197409282000121001

Inderalaya,
Pembimbing II

MEI 2011

Dra. Fatma, M.S
NIP. 196207131991022001



HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Pengaruh Rasio Berat Montmorilonit-TiO₂ terhadap Porositas Montmorilonit-TiO₂
Nama Mahasiswa : Hardi Aji Badarwi
Nim : 08061003049
Jurusan : Kimia

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 Mei 2011. Dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan panitia sidang ujian skripsi.

Indralaya, Mei 2011

Ketua :

1. Addy Rachmat, M.Si

(.....)

Anggota :

2. Dra. Fatma, M.S

(.....)

3. Zainal Fanani, M.Si

(.....)

4. Widia Purwaningrum, M.Si

(.....)

5. Dr. Elfita, M.Si

(.....)



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama mahasiswa : Hardi Aji Badarwi
NIM : 08061003049
Fakultas/ Jurusan : MIPA/ Kimia

Menyatakan skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar keserjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, Mei 2011
Penulis,

Hardi Aji Badarwi
08061003049

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama mahasiswa : Hardi Aji Badarwi
NIM : 08061003049
Fakultas/ Jurusan : MIPA/ Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “ hak bebas royalty non-ekslusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“ Pengaruh Rasio Berat Montmorillonit-TiO₂ terhadap Porositas Montmorillonit-TiO₂”.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalty non-ekslusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Mei 2011
Yang menyatakan,

Hardi Aji Badarwi
08061003049

LEMBAR PERSEMBAHAN

Motto :

- ❖ **Nafi'un Lighoirihi (bermanfaat orang lain) dan “Sukses adalah Saya” yang merupakan sugesti Keberhasilan bagi saya, tinggal bagaimana keyakinan kita untuk mencapai keberhasilan dan kesuksesan.**

Skripsi ini kupersembahkan untuk :

- ❖ **Kedua Orang tuaku serta keluargaku. Skripsi ini kupersembahkan sebagai hadiah untukmu semua**
- ❖ **Sahabat-sahabat terbaikku yang selalu setia dalam setiap langkah hidupku.**
- ❖ **Regenarasiku nantinya**

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala berkah, rahmat, dan kasih sayangNya yang selalu dilimpahkan kepada Penulis sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat dan salam selalu tercurah untuk suri tauladan kita nabi Muhammad SAW yang telah berkorban, mendidik, dan membimbing umat ini sehingga cahaya Islam sampai kepada kita.

Dengan segenap kerendahan hati Penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang setulusnya kepada Bapak **Addy Rachmat, S.Si, M.Si** selaku pembimbing utama dan Ibu **Dra. Fatma, M.S** selaku pembimbing pembantu dan pembimbing akademik atas semua bantuan, bimbingan dan nasehat selama pelaksanaan tugas akhir dan penyelesaian skripsi hingga selesai.

Penulis juga ingin menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah ikut berperan dalam memberikan dukungan serta kemudahan terutama kepada :

1. Bapak Drs. Muhammad Irfan, M.T, selaku Dekan FMIPA UNSRI.
2. Ibu Dra. Fatma, M.S, selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNSRI.
3. Seluruh Staf Dosen Jurusan Kimia FMIPA UNSRI atas semua bantuan dan ilmu yang bermanfaat.
4. Bunda Noni, Pak Alam, dan analis atas semua bantuan dan dukungannya.
5. Kedua orang tuaku tercinta atas segala kasih sayang, do'a dan nasehatnya, beserta keluarga besarku yang kelak menemaniku hingga akhir hayat.

6. Terimakasih juga penulis sampaikan untuk teman-teman seperjuangan. Madon, Opung Fitra, Deni, Vellan, Ridho, Rokend, Doan, veta, Nike, Uci PS, Elis, Mila, Nyak, Fitri R, Verbri, Yuni, B'de sutri, Nur, Mul, Aisa, Mami, Rahma, Suci, mba' Ida, Siska, Rudi, Amel, Novi, Rizal, Randi, Onde, Ulin, Tata', Leni, Ade, Meliza, Diki, Kak Iwan, Kak Nanda, Kak Rino, dan Kak Catur dan semua angkatan kimia yang tak bisa kusebut satu persatu yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis memohon maaf dan menghargai segala kritik dan saran yang bersifat membangun dengan harapan agar lebih baik untuk masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga Allah SWT melimpahkan pahala yang berlipat ganda kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, nasehat, bimbingan dan do'a kepada Penulis. Semoga skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aaamiiin.

Indralaya, Mei 2011

Penulis,

THE INFLUENCE OF MONTMORILONIT-TiO₂ WEIGHT RATIO TO CATALYST'S POROSITY

By:

Hardi Aji Badarwi

08061003049

ABSTRACT

Synthesis of Montmorillonite-TiO₂ photocatalyst using alkyl ammonium salt was done. Montmorillonite-TiO₂ made from Na-Montmorillonite was treated by alkyl ammonium salt, followed by TiO₂ intercalation with weight ratio 1 : 4, 2 : 3, 3 : 2, and 4 : 1. Synthesis result was characterized using x-ray diffraction (XRD) and gas sorption analysis. XRD analysis result showed alkyl ammonium salt causes increase of basal spacing on Na-Montmorillonite from 14.19 Å to 18.85 Å. Gas Sorption analysis result (specific surface area, total pore volume, and pore radius) for Na-Montmorillonite showed that adding alkyl ammonium decreased specific surface area from 59.4523 m²/g to 15.0987 m²/g, total pore volume from 42,875 10⁻³ cc/g to 10.996 10⁻³ cc/g, and pore radius from 13.8585 Å to 13.681 Å. TiO₂ (1 : 4) intercalation showed further decreased of specific surface area from 59.4523 m²/g to 15.0282 m²/g, total pore volume from 42,875 10⁻³ cc/g to 10.872 10⁻³ cc/g, and pore radius from 13.8585 Å to 13.449 Å.

Keywords : Montmorillonite- TiO₂, Porosity, Catalyst.



PENGARUH RASIO BERAT MONTMORILLONIT-TiO₂ TERHADAP POROSITAS MONTMORILLONIT-TiO₂

Oleh:

Hardi Aji Badarwi

08061003049

ABSTRAK

Sintesis fotokatalis Montmorillonit-TiO₂ menggunakan garam kuartener alkil amonium telah dilakukan. Montmorillonit-TiO₂ disintesis dari Na-Montmorillonit yang diperlakukan dengan garam alkil ammonium, kemudian TiO₂ diimpregnasi dengan rasio berat 1 : 4, 2 : 3, 3 : 2, dan 4 : 1. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan metode difraksi sinar-x (*X-Ray Diffraction*) dan *gas sorption analysis*. Hasil analisis XRD menunjukkan perlakuan garam alkil ammonium menyebabkan peningkatan *basal spacing* pada Na-Montmorillonit dari 14,19 Å menjadi 18,85 Å. Hasil *gas sorption analyzer* (luas permukaan, volume total, dan jari-jari pori-pori) pada Na-Montmorillonit penambahan alkil ammonium menyebabkan penurunan luas permukaan dari 59,4523 m²/g menjadi 15,0987 m²/g, total volume dari 42,875 10⁻³cc/g menjadi 10,996 10⁻³cc/g, dan jari-jari dari 13,8585 Å menjadi 13,681 Å. Pada penambahan TiO₂(1 : 4) menyebabkan penurunan luas permukaan dari 59,4523 m²/g menjadi 15,0282 m²/g, volume total dari 42,875 10⁻³cc/g menjadi 10,872 10⁻³cc/g, dan jari-jari dari 13,8585 Å menjadi 13,449 Å.

Kata Kunci : Montmorillonit- TiO₂, Porositas, Katalis



UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

No DAFTAR: 113957

TANGGAL : 08 JUN 2011

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRACT	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Lempung.....	4
2.2 Montmorillonit.....	5
2.3 Logam Titanium Dioksida (TiO_2)	7
2.4 Porositas dan Luas Permukaan Katalis	8
2.5 Isoterm Brunauer, Emmet dan Teller (BET)	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.2.1 Alat-Alat.....	12

3.2.2 Bahan-Bahan	12
3.3 Prosedur Penelitian.....	12
3.3.1 Sintesis fotokatalis Montmorillonit TiO ₂	12
3.3.2 Karakterisasi Katalis	13
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Hasil Analisis XRD	15
4.2 Hasil Analisis dengan <i>gas sorption analyzer</i>	20
4.2.1 Jari-jari pori-pori.....	20
4.2.2 Volume total pori-pori	22
4.2.3 Luas permukaan Pori-pori.....	23
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	25
5.1 Kesimpulan	25
5.2 Saran.....	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Struktur Kristal Montmorilonit	6
Gambar 2 Efek mengembang pada Montmorilonit	7
Gambar 3 Na-Montmorillonit	15
Gambar 4 Lempung Hidrofob	16
Gambar 5 Montmorillonit-TiO ₂ rasio berat 4:1 dan 3:2	18
Gambar 6 Montmorillonit-TiO ₂ rasio berat 2:3 dan 1:4	19
Gambar 7 Jari-jari pori-pori	20
Gambar 8 Total volume pori-pori	22
Gambar 9 Grafik Luas Permukaan	23

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Bagan Alir Penelitian	28
Lampiran 2 Data Porositas	29
Lampiran 3 Data XRD	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak pertama kali dipublikasikan pada tahun 1972 oleh Fujishima dan Honda, fenomena fotokatalisis pada permukaan TiO₂ dan aplikasi teknologinya menjadi lahan penelitian yang terus berkembang. Salah satu penelitian adalah usaha inaktivasi mikroorganisme yang diterapkan pada sistem pengolahan air maupun gas (Benedix dkk, 2000). Penelitian lain yang berbasis fenomena fotokatalisis TiO₂ adalah treatment sel kanker (Blake dkk, 1999). Salah satu penerapan teknologi fotokatalis TiO₂ yang banyak berkembang adalah usaha untuk meminimalkan zat organik berbahaya seperti pestisida disebabkan oleh pencemaran limbah industri maupun limbah rumah tangga (Subramani dkk 2007).

Banyak penelitian yang dilakukan untuk memaksimalkan kerja dari TiO₂ dengan cara mendistribusikannya dalam media pendukung, diantaranya adalah dengan mengimpregnaskannya pada karbon aktif (Subramani dkk, 2007) dan mengimpregnaskannya pada zeolit (Wijaya dkk, 2006). Cara lain yang digunakan untuk memaksimalkan kerja TiO₂ adalah dengan menjadikannya sebagai pemilar dalam lempung terpilar TiO₂, dimana TiO₂ berperan sebagai pemilar sekaligus sebagai katalis dalam reaksi fotokatalisis (Ding dan Greenfield, 1999).

Penelitian mengenai lempung terpilar TiO₂ menarik untuk dilakukan karena penggunaan TiO₂ sudah sangat luas sebagai katalis. Sterte (1986) menyatakan bahwa penggunaan oksida logam TiO₂ sebagai agen pemilar akan



meningkatkan *basal spacing* dari lempung, dan oksida logam akan terdistribusi pada layer lempung. Pemakaian oksida logam TiO_2 juga akan meningkatkan keasaman dari lempung (Sugunan, 2006).

Pada penelitian ini digunakan garam kuartener untuk menaikkan *basal spacing*. Penggunaan garam kuartener dimaksudkan agar interkalasi oksida logam TiO_2 dapat maksimal sehingga dihasilkan distribusi TiO_2 dalam lapisan Monmorilonit lebih baik. Salah satu garam kuartener yang lazim digunakan dalam sintesis lempung terpilar adalah dengan menggunakan senyawa organik seperti alkil amonium. Penggunaan senyawa-senyawa organik, seperti alkil ammonium sebagai garam kuartener yang terinterkalasi di daerah antarlapis lempung H+-monmorilonit dapat memperbesar jarak antarlapis (Kwon dkk, 2000). Pada penelitian Kusumawardani (2008), penggunaan alkil ammonium berpengaruh terhadap basal spacing dan distribusi pori pada lempung terpilar, dimana dengan penambahan garam kuartener alkil ammonium maka basal spacing akan meningkat dan distribusi pori lebih merata.

Dalam penelitian ini dipelajari metode pembuatan lempung terpilar dengan proses interkalasi oksida logam TiO_2 ke dalam daerah antarlapis lempung dengan menggunakan alkil ammonium. Dengan melakukan penambahan alkil ammonium diharapkan semakin memperbesar jarak daerah antarlapis kemudian dilakukan interkalasi TiO_2 . Monmorilonit diinterkalasi TiO_2 dengan rasio berat 4:1, 3:2, 2:3, dan 1:4. Monmorilonit- TiO_2 yang diperoleh dianalisis dengan XRD untuk mengetahui pelebaran jarak pada Monmorilonit dan *gas sorption analyzer* untuk mengetahui jari-jari, volume pori dan luas permukaan.

1.2 Rumusan Masalah

Pengembangan fotokatalis TiO₂ yang diimpregnasi pada lempung alam monmorilonit dengan metode dispersi padat-padat, namun loading TiO₂ yang dicapai masih sangat sedikit. Penggunaan monmorilonit sebagai pengembang TiO₂ akan menghasilkan fotokatalis yang tidak saja efektif dalam penanganan pencemar, tetapi juga dapat dibuat dengan harga terjangkau. Untuk dapat merealisasikan hal tersebut perlu diteliti bagaimana melakukan imobilisasi TiO₂ dalam struktur pori monmorilonit melalui proses impregnasi basah dengan mengoptimalkan *loading* TiO₂ dan mempertahankan sifat porositas.

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh rasio berat TiO₂-Montmorilonit terhadap Porositas (jari-jari, volume total, dan luas permukaan).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi pengaruh rasio berat Monmorilonit-TiO₂ terhadap karakter fotakatalis Monmorilonit-TiO₂.

DAFTAR PUSTAKA

- Amemiya, S., 2004, Titanium-Oxide Photocatalyst, Technical News, 62; 17-25
- Benedix, R., Dehn, F., Quass, J., and Orgass, M., 2000, Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Create Self Cleaning Building Material, HTWK Leipzig, p. 157-168
- Blake, D., Ching, M., Huang, Z., Wolfrum, E. J., and Huang, J., 1999, Application of The Photocatalytic Chemistry of Titanium Dioxide to Disinfection and The Killing of The Cancer Cells, Separation of Purification Methods, Volume 28(1), p. 1-50
- Choy, J. H., Park, J. H., and Yoon, J. B., 1998, Highly porous pillared clay with Multistacked SiO₂/TiO₂ Nanosols, *Bull Korean Chem Sci*, Vol 19, No.11, p 1185-1188
- Ding, Z., Zhu, H. Y., Lu, G. Q., and Greenfield, 1999, Photocatalytic Properties of Titania Pillared Clays by Different Drying Methods, *J. Colloid and Interface Sci.*, 209, p. 193-199.
- El-Amin, A. A., Rashed, M. N., 2007, Photocatalytic Degradation of Methyl Orange in Aqueous Under Different Solar Irradiation Sources, *Journal of Physical Sciences* Vol. 2 (3), p. 073-081
- Fujisima, A., Hishimoto, K., and Watanabe T, 1999. TiO₂ Photocatalysis: Fundamentals and Applications, BKC. Inc., Tokyo, Japan, p. 66-74.
- Gunlazuardi, J., 2001, Fotokatalisis pada Permukaan TiO₂: Aspek Fundamental dan Aplikasinya, Seminar Nasional Kimia Fisika II, Kimia, F.MIPA, Universitas Indonesia.
- Hasanudin, Wijaya, K., dan Santoso, B., 2009, Preparation And Catalytic Activity For Isopropyl Benzene Cracking Of Co, Mo And Co/Mo-Al₂O₃-Pillared Montmorillonite Catalysts, *Indo. J. Chem.*, 9 (2) : 189-194.
- Ismininginh, L. D., dan Rashid., 1973, Pengantar Kimia Zat Warna, Institut Teknologi Tekstil, Bandung. Hal. 76-79
- Kusumawardani, R., 2008, Pengaruh Garam kuarter Alkil ammonium pada Sintesis Lempung Terpilar SiO₂/TiO₂ serta Aplikasinya sebagai Fotokatalis Degradasi Rhodamin, Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA Undip, Semarang

- Kwon, O. Y. S., Hak-Sik, C., and Sang, W., 2000, Preparation of Porous Silica Pillared Layered Phase: Simultaneous Intercalation of amine-Tetraethylorthosilicate into the H+-Magadiite and Intragallery Amine-Catalyzed Hydrolisys of Tetraethylorthosilicate, *Chem Matter*, 12, p.1273-1278.
- Lowell, S & Shields, J.E., 1984, *Powder Surface Area and Porosity*, Edisi II, Chapman and Hall, 2nd., New York.
- Malaka, D., 2009, *Lempung Dan Aplikasinya*, Artikel, FMIPA Kimia, Universitas Tadulako, Palu.
- Purnomo, S., 2005, Sintesis dan Karakterisasi Lempung Terpilar TiO₂, Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA Undip.
- Suzuki, E., Kusano, S., Hatayama, H., Okamoto, M., and Ono, Y., 1997, Synthesis of Titanium Tetraalkoxides from hydrous Titanium Dioxide and Dialkyl Carbonates, *Chem Matter*, 7(10), p. 2049-2051
- Sterte, J., 1986, Synthesis and Propertipes of Titanium Oxide Cross-Linked Montmorillonit, Clays and Clay Miner., 34, 6, p. 658-664
- Subramani, A.K., Byrappa, K., Ananda, S., Ray, K.M.L., Ranganathaiah, C., and Yoshimura, M., 2007, Photocatalytic Degradation of Indigo Carmine Dye Using TiO₂ Impregnated Activated Carbon, *Bull.Mater.Sci*, vol.31, Indian Academy of Sciences, p 37-41.
- Sugunan, S., and Binitha, N.N., 2006. Preparation, Characterization and catalytic ativity of Titania pillared Monmorillonite clays, *Microporous and mesoporous materials* 93 (2006), p. 82-89
- Tan, K.H., 1991, Dasar-Dasar Kimia Tanah, a.b. Goenadi, D.H., Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 45 – 165.
- Vasant, E.F., and Cool, P., 1997, Pillared Clay: Preparation, Characterization and Application, *Chem Matter*, p. 265-286.
- Vogel, 1985, *Analisa Anorganik Kualitatif*, Edisi kelima. PT Kalman Media Pustaka, Jakarta.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D., 2006, Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congored, Berkala MIPA 16(3), p. 27-35
- Zamroni, H., dan Las, T., 2002, *Pembuatan Pillared Lempung Untuk Penyerapan Limbah Radioaktif Cs-137*, Hasil Penelitian P2PLR

