

## Adsorpsi Batubara Terhadap Ion Timbal (*Coal Adsorptivity of Lead Ion*)

Faizar Farid

Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Jambi

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari kondisi optimum penyerapan arang aktif batubara yang terlebih dahulu diaktivasi dengan KOH dan asam fosfat dalam menyerap ion timbal. Kondisi itu meliputi ratio batubara dengan aktivator, pH, dan berat arang aktif. Kondisi optimum yang didapatkan selanjutnya digunakan untuk mengukur service volume dan breakthrough. Pengamatan dengan SEM X-ray Mapping dilakukan terhadap karakter batubara awal dan arang batubara yang telah diaktivasi. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa Aktivasi dengan menggunakan  $H_3PO_4$  menghasilkan arang aktif rata-rata 35%, dan ini hasil lebih banyak dibandingkan aktivasi pakai KOH, yaitu rata-rata 30% berat kering awal. Sementara itu, dengan menggunakan ion Pb sebagai larutan model, ternyata penyerapan aktivator  $H_3PO_4$  lebih baik, yaitu 99,43% dibandingkan dengan KOH yang hanya 89,21%.

**Kata kunci** : batubara, ion timbal, aktivasi, aktivator asam kuat & basa kuat.

### ABSTRACT

This research aims to study the optimum condition of active charcoals in adsorb Pb ions. Earlier, the charcoals have been given KOH and phosphat acid separately to activate it. The optimum condition studied includes the ratio of coal with the activator, pH, and the weight of activated charcoal. The optimum condition obtained is then used to measure the volume service and breakthrough. Observations with SEM X-ray mapping is conducted to both pure coal and the coals that have been activated using KOH and Phosphat acid. The result shows that activation using  $H_3PO_4$  produced 35 percent of active charcoal in average. The number is higher compared to the result of coal activated using KOH with only 30 percent in average from the early weight. Meanwhile charcoal with  $H_3PO_4$  as the activator adsorps more Pb ion with 99.43 percent in average compared to the KOH with only 89.21 percent.

**Key words:** coal, Pb ions, activation, activator, a strong acid and strong base.

### PENDAHULUAN

Provinsi Jambi mempunyai deposit batubara sekitar 2,75% dari total kandungan batubara nasional. Sumberdaya ini tersebar pada enam kabupaten. Dari sekitar 400 juta ton deposit yang ada, 60% diantaranya merupakan batubara peringkat rendah (low range coal) dengan nilai kalori antara 4.500 s/d 5.600 k.kal/kg dan kadar air 35%. Sebagian kecil batubara itu digunakan dalam provinsi, yaitu 30.926 ton/tahun untuk bahan bakar pabrik pulp di Kabupaten Tanjung Jabung Barat dan sekitar 15.350 ton/tahun untuk boiler dan sterilisasi pada pabrik CPO. Sebagian lagi

diekspor, baik melalui pelabuhan Jambi maupun bergabung dengan hasil produksi dari Sumatera Barat dan Sumatera Selatan. Karena pemanfaatannya masih sangat terbatas, dikhawatirkan akan ada akumulasi limbah padat, yang kelak akan membebani lingkungan.

**Tabel 1.** Profil Batubara di Provinsi Jambi

	Profil
Total Deposit (ton)	2,761,438,182
Jenis	<i>Sub bitubinus</i>
Klasifikasi	<i>low range coal</i>
Nilai Kalori Kkal/kg	4.500 s/d 5.600
Kadar air (%)	35

Pemakaian dlm provinsi (%)	20
Ke luar daerah (%)	26

**Sumber :** *Dinas Pertambangan Prov. Jambi*

Berbagai upaya diversifikasi terhadap pemanfaatan batubara telah banyak dilakukan, antara lain pembuatan briket batubara dan batubara cair untuk keperluan bahan bakar pengganti bahan bakar minyak. Berbagai jenis batu bara Indonesia telah diuji dan memberikan hasil yang sangat menjanjikan. Hasil tertinggi diperoleh dari batu bara Bangko dari Kabupaten Merangin Provinsi Jambi, dengan produksi minyak sekitar 70 persen. Dibandingkan dengan batu bara Yallourn dari Australia yang hanya menghasilkan minyak di bawah 60 persen, hasil Bangko sangat signifikan, terutama dilihat dari segi biaya dan harga minyak yang dihasilkan dari batubara (Sutrisno, 2007).

Disamping itu, karena mengandung karbon yang cukup tinggi serta struktur fisiknya yang berpori, batubara dapat pula dimanfaatkan untuk mengadsorpsi ion-ion logam ataupun polutan lain. Namun untuk tujuan ini, diperlukan proses aktivasi serta karakterisasi agar batubara tersebut dapat menjadi karbon aktif.

Beberapa penelitian sudah dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan penyerap lain. Zein R, dkk (2001) meneliti penyerapan klorofenol dengan menggunakan sekam padi sebagai adsorben. Ternyata sekam padi menghasilkan efisiensi penyerapan yang hampir sama dengan adsorben komersil, yaitu selulosa dan silika. Asyhar (2002) yang dapat menyerap zat warna diazo dan metilen biru dengan pemakaian adsorben minyak bumi (green coke), Munaf, dkk (2000) memanfaatkan lumut sebagai penyerap ion logam Cu, Cd, Cr, dan Zn dalam air limbah, lebih lanjut Munaf, dkk (1999) menggunakan biosorben kulit kacang dalam menyerap ion Crom dari air limbah, demikian juga yang dilakukan Sunarno, dkk (2005), menggunakan serbuk gergaji dalam menyerap ion tembaga.

Disamping spesi-spesi sebagaimana dikemukakan di atas, timbal merupakan polutan yang sering dijumpai di perairan tertentu. Oleh karena itu pemerintah perlu menetapkan kadar ambang batas yang diperkenankan, dan hal ini direalisasikan dalam bentuk Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.

Sehubungan dengan hal itu, untuk mencari metoda yang efisien dan akurat dalam menganalisis beberapa polutan, akan dicoba meneliti daya adsorpsi karbon aktif batubara terhadap ion timbal ( $Pb^{+2}$ ).

## **BAHAN DAN METODE**

Sampel batubara diambil dari Kabupaten Merangin, karena disinilah deposit terbesar di Provinsi Jambi. Aktivator yang akan digunakan adalah KOH dan  $H_3PO_4$ . Larutan uji yang digunakan adalah fenol, serta larutan model untuk timbal adalah  $Pb(NO_3)_2$ . Alat yang akan digunakan antara lain Mufle Furnace Listrik ODAWA SEIKI yang dilengkapi dengan sirkulasi udara, UV-Visible, Spectronic-20 Genesys, Oven Furnace Cylinder 1000 °C, oven Fisher, shaker, sieve shaker, hotplate, waterbath, reaktor adsorpsi batch, reaktor aktivasi, dan kolom.

Batubara terlebih dahulu di karakterisasi meliputi penentuan kandungan karbon, kandungan abu, dan serta kandungan timbal (Pb) dengan menggunakan SEM X-ray Mapping. Penelusuran ratio optimum batubara dengan aktivator (KOH dan  $H_3PO_4$ ) adalah dengan perbandingan 1:1, 1,5:1, dan 2:1 yang dipanaskan sekitar 450 °C selama 1 jam, dilanjutkan pemanasan pada suhu 550-850 °C selama 1 sampai 3 jam. Ratio optimum yang diperoleh selanjutnya sebagai dasar penelusuran pH yang divariasikan pada pH 4, 6, 8, dan 10 untuk kedua jenis activator. Dengan menggunakan ratio optimal serta pH optimal yang diperoleh sebelumnya

digunakan sebagai dasar penentuan berat optimal dengan memvariasikan berat adsorben, yaitu 0,8 ; 1,0 ; 1,2 ; 1,4 ; 1,6 ; 1,8 ; 2,0 ; dan 2,2 g. Pada gilirannya, ketiga kondisi yang diperoleh tersebut akan digunakan untuk membuat kurva breakthrough.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pemindaian dengan SEM X-ray Mapping, terhadap batubara, ternyata memperlihatkan adanya beberapa logam yang potensial sebagai polutan, antara lain  $Fe^{+2}$ ,  $Cd^{+2}$ , dan  $Pb^{+2}$ .

**Tabel 2.** Hasil SEM X-ray Mapping

Komponen	Persentase Fraksi	
	Batubara	Karbon aktif
C	53,02	91,22
SiO <sub>2</sub>	32,92	6,03
FeO	0,04	-
CdO	0,03	-
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,63	-
Re <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	5,24	-
PbO	0,30	0,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	1,75
Rb <sub>2</sub> O	-	0,92

Namun setelah dilakukan aktivasi dengan menghasilkan karbon aktif, ternyata besi dan cadmium tidak terpetakan lagi. Kelihatannya asam fosfat, yang tergolong asam asam lemah dan dibantu dengan pemanasan yang tinggi, sudah cukup memadai untuk mengionkan kedua oksida logam itu termasuk oksida logam tantalum dan renium, sehingga keempat oksida logam tersebut larut dan terbuang pada saat proses penetralan.

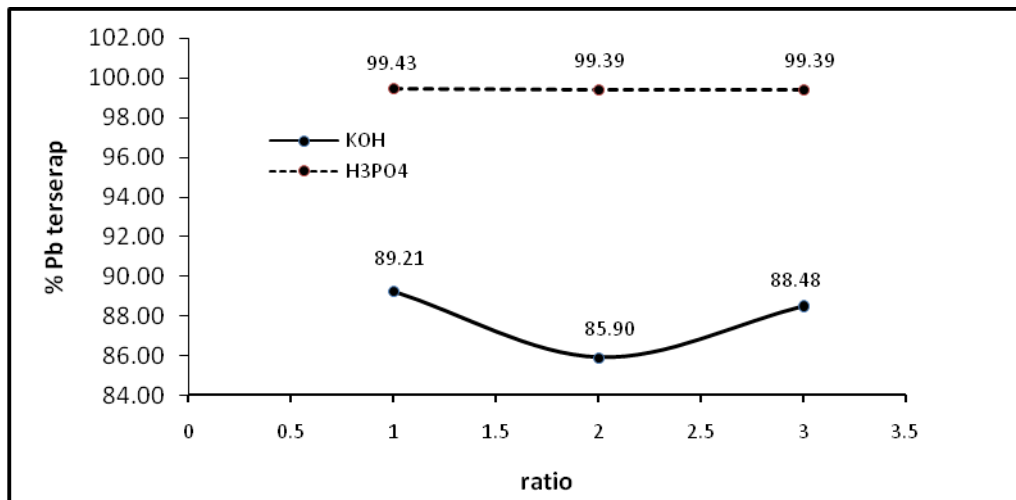
Dengan berkurangnya fraksi keempat oksida logam diatas, dengan sendirinya menyebabkan kenaikan pada fraksi karbon (C), sekalipun muncul spesi baru, yaitu oksida fosfat yang diduga berasal dari aktivator yang digunakan, dan berkurangnya fraksi silikon disebabkan karena perubahan yang terjadi dari senyawa silikat menjadi oksida silikon.

Persentase arang aktif yang lebih tinggi yang dihasilkan pada penggunaan aktivator asam fosfat, disebabkan karena kurangnya daya larut asam terhadap zat pengotor (tar) dan bahan organik mudah menguap (volatile matter) yang ada pada batubara dibandingkan dengan KOH yang bersifat basa kuat.

**Tabel 3.** Persentase berat arang aktif yang dihasilkan, berdasarkan perhitungan berat awal.

No	Ratio	Persentase	
		KOH	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
1	1:1	29,3	37,7
2	1,5:1	30,1	35,2
3	2:1	30,5	35,3
4	Tanpa	41,2	

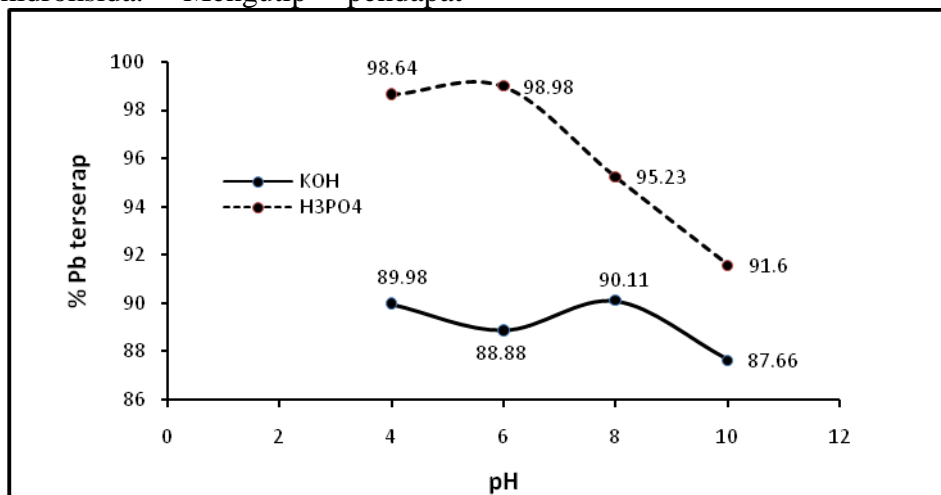
Dalam hal penyerapan terhadap ion Pb, sebagaimana terlihat pada gambar 11, ternyata aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> lebih baik, yaitu 99,43% dibandingkan dengan KOH yang hanya 89,21%. Namun hasil terbaik tetap diperoleh pada ratio 1:1 untuk kedua aktivator ini. Sementara itu, tanpa menggunakan aktivator hanya mampu menyerap sebesar 85,63%. Hal ini dimungkinkan karena suasana asam akan mendukung logam timbal berada dalam keadaan terion, dilain pihak bila larutan lebih basa maka timbal akan mengendap dalam bentuk hidroksida.



**Gambar 1.** Kurva ratio (berat batubara : aktivator) terhadap penyerapan Pb.  
 (Uji : W = 1 gr, C<sub>Pb</sub> = 10 mg/L, V = 100 mL, AAS)  
 1 = ratio 1 : 1  
 2 = ratio 1,5 : 1  
 3 = ratio 2 : 1

Pada gambar 2 terlihat, bahwa puncak penyerapan ion Pb (98,98%) terjadi pada pH=6 dengan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, dan penyerapan itu menurun tajam pada suasana yang lebih basa. Namun dengan KOH, puncak penyerapan hanya 90,11% pada pH=8 dan juga menurun tajam pada suasana yang lebih basa. Malah pada pH=10, aktivator KOH hanya mampu menyerap 87,66% saja. Sebagaimana sifat-sifat logam pada umumnya, Pb memang semakin eksis berbentuk ion pada pH asam, namun pada pH yang lebih basa Pb akan mengendap dalam bentuk hidroksida. Mengutip pendapat

Matheichal dan Yu (1999) dalam Chasiah (2008), pada pH di atas ion timbal menggantikan posisi kation yang melepaskan diri dari anion pada gugus fungsi, namun pada pH rendah ion H<sup>+</sup> disekitar gugus fungsi adsorben akan menghambat ion timbal untuk mendekati gugus fungsi tersebut sehingga kapasitas penyerapannya menjadi rendah. Oleh karena itu, aplikasi rancangan IPAL mesti memperhatikan kondisi pH, karena jika dilakukan pada kondisi basa, maka arang aktif yang digunakan akan cepat jenuh.

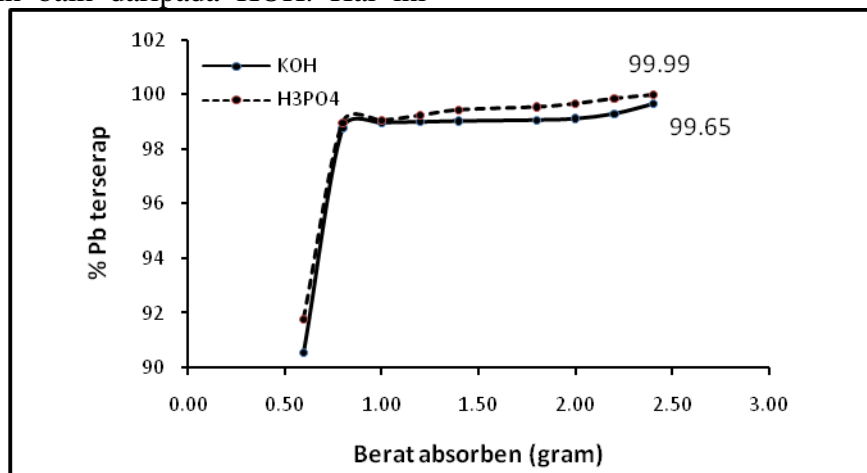


**Gambar 2.** Kurva variasi pH terhadap penyerapan Pb.  
(Uji : W= 1 gr, C<sub>Pb</sub> = 10 mg/L, v = 100 mL, AAS)

Diawali dengan berat 0,6 sampai dengan 1,0 gram, kedua aktivator menunjukkan daya daya serap yang relative sama, namun setelah itu secara perlahan semakin naik. Asam fosfat sudah mencapai penyerapan maksimal ketika berat yang digunakan sebanyak 2,4 gram, namun aktivator KOH masih membutuhkan berat lebih.

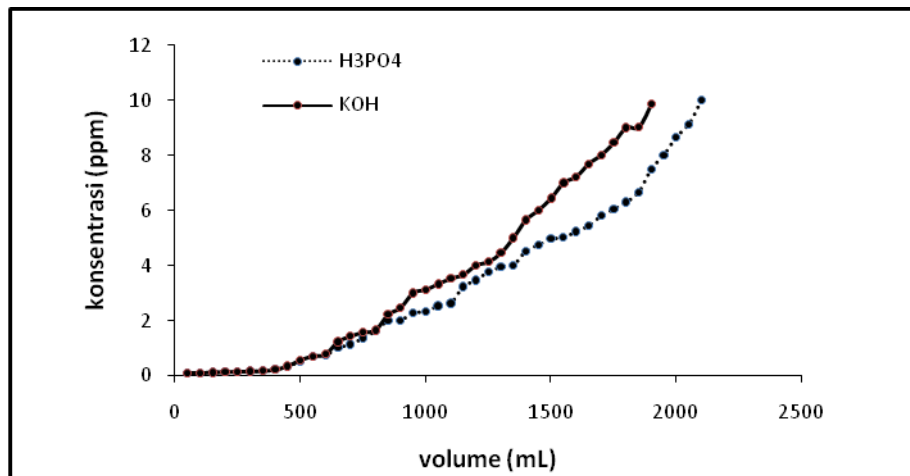
Berbeda dengan fenol, aktivator asam fosfat ternyata lebih baik daripada KOH. Hal ini

disebabkan karena arang aktif relatif bermuatan positif akibat intervensi asam fosfat, dan menurut teori salah satu yang menyebabkan peningkatan adsorpsi adalah adanya muatan antara adsorben dengan adsorbat. Semakin terion suatu adsorben, maka semakin besar pula penyerapannya terhadap adsorbat yang terion.



**Gambar 3.** Kurva variasi berat adsorben yang digunakan terhadap penyerapan Pb.  
(Uji : pH=6, C<sub>Pb</sub> = 10 mg/L, v = 100 mL, AAS)

Pada 50 mL pertama saat dilakukan pengaliran ion Pb, kedua aktivator memperlihatkan daya serap yang relative sama, dan konsentrasi Pb sisa masih dibawah ambang baku mutu limbah cair berdasarkan Keputusan Menteri KLH No. Kep-03/KLH/II/1991.



**Gambar 4.** Service Volume dan Breakthrough yang digunakan terhadap penyerapan Pb.

(Uji : pH=6,  $C_{Pb} = 10$  mg/L,  $W = 5$  gr, AAS)

Sepuluh dari konsentrasi awal diperoleh aktivator KOH pada saat mengalirkan larutan Pb sebanyak 1350 mL. Namun aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> menunjukkan kapasitas volume yang lebih banyak untuk mencapai kondisi serupa, yaitu 1500 mL larutan.

Kemampuan daya serap adsorben dengan teknik kolom ini ternyata menunjukkan fenomena yang sama dengan teknik bath sebelumnya. Dalam hal penyerapan ion Pb, penggunaan aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> lebih baik dari KOH. Sama dengan analisis pada fenol, diharapkan data yang diperoleh ini dapat dijadikan dasar dalam upaya merancang suatu sistim Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL). Contoh, dengan menggunakan 5 gram adsorben sudah dapat membersihkan 576,9 liter air sesuai dengan ambang batas kadar timbal menurut PP No. 82 Tahun 2001.

#### KESIMPULAN

Aktivasi dengan menggunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> menghasilkan arang aktif rata-rata 35%, dan ini hasil lebih banyak dibandingkan aktivasi

pakai KOH, yaitu rata-rata 30% berat kering awal. Dengan menggunakan ion Pb sebagai larutan model, ternyata aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> lebih baik, yaitu 99,43% dibandingkan dengan KOH yang hanya 89,21%. Namun hasil terbaik tetap diperoleh pada ratio 1:1 untuk kedua aktivator ini. Sementara itu, tanpa menggunakan aktivator hanya mampu menyerap sebesar 85,63%. Sementara itu, dengan menggunakan ion Pb sebagai larutan model puncak penyerapan ion (98,98%) terjadi pada pH=6. Namun dengan KOH, puncak penyerapan hanya 90,11% pada pH=8 dan juga menurun tajam pada suasana yang lebih basa. Malah pada pH=10, aktivator KOH hanya mampu menyerap 87,66% saja. Teknik kolom dapat digunakan untuk mengestimasi aplikasi pemakaian bahan di lapangan dalam upaya merancang suatu sistim Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL) yang sederhana.

#### DAFTAR PUSTAKA

Asyhar, R., (2002c), Activation of Petroleum Coke and Its Application for the Removal of Phenols and Dyes from Waste Water, *S-3 Dissertation*,

- Tecnicl University Braunschweig, Germany.
- Asyhar, R., Wichmann, H., Bahadir, M., (2002), *Untersuchungen zur Entfernung organischer Schadstoffe vom Abwaessers mittels konditioniertem Petrolkoks*, Umwelt Jahrestagung, 8-9 Oktober 2002 in Braunschweig, Germany.
- Asyhar, R., Idiasari, R., Padliah, Melly, (2005), Studi Komparasi Daya Adsorpsi Arang Cangkang Sawit, Sekam Padi dan Batubara yang Diaktifkan dengan Aktivator Kimia, *Jurnal Kimia Universitas Jambi*, 2 (1), (dalam cetakan).
- Asyhar, R. dkk (2006), Pemanfaatan Minyak Bumi Sebagai Adsorben Pada Proses Pengolahan Air Limbah Industri Batik, *Laporan Penelitian Hibah Bersaing*. Universitas Jambi.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (2006), Laporan Pemantauan Kualitas Sungai Batanghari Di Provinsi Jambi.
- Chasiah (2008), Karakterisasi Penyerapan ion timbal dan Nikel Oleh Alga Chlorophyta, Tesis S2, Program Pascasarjana Universitas Andalas, Padang.
- Connell W, 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. UI Press. Jakarta.
- Deswati, dkk (2000), Pemanfaatan Lumut (Musci) sebagai Penyerap Ion Logam Besi, Cadmium, Tembaga, Crom, dan Zn Dalam Air Limbah, *Jurnal Kimia Andalas*, Vol. 6, No. 1, Hal 14-10.
- Dinas Pertambangan (2006), Cadangan Dan Spesifikasi Bahan Galian Batubara di Propinsi Jambi.
- Dinas Perindustrian dan Perdagangan (2006), Realisasi Ekspor Provinsi Jambi 2005-2006.
- Munaf, E dkk (1999), Penyerapan Ion Crom Dalam Air Limbah Oleh Adsorben Kulit Kacang Dengan Pendeteksi AAS, *Jurnal Kimia Andalas*, Vol 5, No. 2, Hal 71-74.
- Sahat (2005), Pengendalian Limbah Cair Yang Mengandung Ion Logam Berat Crom Dan Cadmium Menggunakan Abu Terbang Batubara, Tesis S2, Program Pascasarjana Universitas Andalas, Padang.
- Sunarno, dkk (2005), Adsorpsi Logam Berat Tembaga Dengan Serbuk Gergaji, *Jurnal Natur Indonesia*, Vol. 7, No. 2, Hal 23-24
- Sutrisno, dkk (2007), Karakterisasi dan Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dari Cangkang Sawit, Batubara dan Tempurung Kelapa sebagai bahan Adsorben, *Laporan Penelitian Hibah Bersaing*. Universitas Jambi.
- Zein, R. dkk (2001), Penyerapan Klorofenol Menggunakan Limbah Sekam Padi Dengan Pendeteksi Spektrofotometer UV, *Jurnal Kimia Andalas*, Vol 7, No. 2, Hal 85-89.

