

# PEMBUATAN ADSORBEN DARI FLY ASH HASIL PEMBAKARAN BATUBARA UNTUK MENGADSORBSI LOGAM BESI (Fe)

Novia, Umi Athiyah, Elfa Susanty

Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya

## ABSTRAK

*Penggunaan batubara terus meningkat seiring dengan meningkatnya penggunaan batubara sebagai bahan bakar. Hal ini menyebabkan meningkatnya limbah abu terbang batubara. Untuk mengurangi dampak lingkungan tersebut, abu terbang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben. Pembuatan adsorben abu terbang dilakukan dengan perlakuan refluks dan aktivasi yang kemudian diaplikasikan sebagai adsorben logam besi (Fe) dalam air. Perlakuan refluks dilakukan selama 1 jam pada suhu 95°C dengan memvariasikan konsentrasi HCl 5M, 7M, dan 10M lalu dilanjutkan dengan aktivasi dengan rasio FA ( Fly Ash ) / NaOH 1,2 ; 1,5 ; dan 1,8 selama 1 jam serta variasi suhu 550°C, 600°C, dan 700°C. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi HCl dan rasio FA ( Fly Ash ) / NaOH terhadap daya serap adsorben fly ash yang terbentuk. Kandungan logam dari sampel dianalisa dengan AAS (Atomic Absorption Spectrometri) dan Spektrofotometri untuk mengetahui daya serap adsorben terhadap logam besi ( Fe ). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa adsorben fly ash yang dapat mengadsorbsi logam besi ( Fe ) terbesar ( 4,97 mg Fe/gr adsorben ) yaitu pada kondisi rasio FA/NaOH 1,2 dan konsentrasi HCl 7M.*

*Kata Kunci : Abu Terbang, Adsorben, Adsorbsi, Logam Fe.*

## ABSTRACT

*The application of coal is increasing along with the increase use of coal as fuel. And so increasing the production of fly ash as a waste from the use of coal . To reduce the environmental impact, fly ash can be used as an adsorbent. Making of adsorbent from fly ash done with reflux treatment and activation then applied as adsorbent of iron metal ( Fe ) in water. Reflux treatment is done for 1 hour at 95°C with variable of HCl concentration 5M, 7M, and 10M then followed by activation with the FA (Fly Ash)/NaOH ratio 1,2; 1,5; and 1,8 for 1 hour and variations in temperature 550°C, 600°C, and 700 ° C. The purpose of this research was to know the effect of HCl concentration and the FA (Fly Ash) / NaOH ratio absorption of adsorbent formed. Metal content of the samples is analyzed with AAS (Atomic Absorption Spectrometri) and Spectrophotometry to analyze the adsorbent's ability to absorb iron metal (Fe). Observations showed that the maximum performance of the fly ash adsorbent which can absorb the largest value of iron metal (Fe) (4,97 mg Fe/gr adsorbent) is in the condition that FA/NaOH ratio is 1,2 and HCl concentration is 7M.*

*Keywords : Fly Ash, Adsorbent, Adsorption, Iron Metal.*

## I. PENDAHULUAN

Fly ash batubara adalah limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batubara dan terdiri dari partikel halus. Abu terbang batubara umumnya dibuang di *landfill* atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri seperti pada sektor pembangkit listrik. Penumpukkan abu terbang batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan.

Abu terbang pada masa kini dipandang sebagai limbah pembakaran batubara. Penanganan abu terbang masih terbatas pada penimbunan di lahan kosong. Hal ini berpotensi bahaya bagi lingkungan dan masyarakat sekitar seperti, logam-logam dalam abu terbang terekstrak dan terbawa ke perairan, abu terbang tertiuup angin sehingga mengganggu pernafasan. Sudut pandang terhadap abu terbang harus diubah karena abu terbang merupakan bahan baku potensial yang dapat digunakan sebagai adsorben murah. Beberapa penelitian telah menyimpulkan bahwa abu terbang memiliki kapasitas adsorpsi yang baik untuk menyerap gas organik, ion logam berat seperti (Fe, Pb, Cu, Cr, Cd, Cs, Na dan Zn), dan gas polutan. Modifikasi sifat fisik dan kimia perlu dilakukan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan daya serap abu terbang/fly ash terhadap logam berat besi. Sehingga fly ash /abu terbang ini tidak hanya berakhir sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan tetapi juga bermanfaat untuk menanggulangi pencemaran logam berat seperti besi (Fe) dengan mengubahnya menjadi adsorben.

Dari penelitian ini ada beberapa permasalahan yang timbul. Bagaimana pemanfaatan fly ash/abu terbang dari pembakaran batubara sebagai adsorben? Lalu bagaimana pengaruh konsentrasi HCL dan rasio fly ash (FA)/NaOH terhadap daya serap adsorben pada logam besi (Fe)? dan bagaimana daya serap adsorben fly ash dalam mengadsorpsi logam besi (Fe)?.

Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui pemanfaatan fly ash dari pembakaran batubara sebagai adsorben.

Mengetahui seberapa besar pengaruh konsentrasi HCL dan rasio fly ash (FA)/NaOH terhadap daya serap adsorben pada logam besi (Fe), daya serap adsorpsi dari fly ash dalam mengadsorpsi logam besi.

Manfaat dari penelitian ini kita dapat mendayagunakan limbah pembakaran batubara menjadi lebih bermanfaat, salah satunya dengan mengubah fly ash batubara menjadi adsorben. Dimana adsorben tersebut nantinya akan dimanfaatkan untuk mengadsorpsi logam berat besi (Fe). Sehingga dengan adanya penelitian ini kita akan mengetahui seberapa baik adsorben ini dapat mengurangi pencemaran air yang telah terkontaminasi oleh logam besi dan diharapkan tentunya akan mengurangi dampak negatif dari limbah industri yang menggunakan batubara sebagai sumber energinya.

Adapun yang menjadi variabel yang diamati dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- konsentrasi HCL (M) : 5, 7 dan 10
- rasio FA/NaOH : 1.2, 1.5, dan 1.8
- suhu aktivasi dalam furnace (°C) : 550°C, 600°C dan 700°C.

## II. FUNDAMENTAL

Fly ash batubara adalah limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batubara dan terdiri dari partikel halus. Abu terbang batubara umumnya dibuang di *landfill* atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri seperti pada sektor pembangkit listrik. Penumpukkan abu terbang batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Produksi abu terbang batubara (*fly ash*) didunia pada tahun 2000 diperkirakan berjumlah 349 milyar ton (Wang dkk, 2006). Sementara produksi abu terbang dari pembangkit listrik di Indonesia terus meningkat, pada tahun 2000 jumlahnya mencapai 1,66 milyar ton dan diperkirakan mencapai 2 milyar ton pada tahun 2006 (Indonesia Power, 2002).

abu terbang batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam:

- Penyusun beton untuk jalan dan bendungan
- Penimbun lahan bekas pertambangan

- c. Recovery magnetit, *cenosphere*, dan karbon
- d. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori
- e. Bahan penggosok /polisher
- f. Filler aspal, plastik, dan kertas
- g. Pengganti dan bahan baku semen
- h. Aditif dalam pengolahan limbah (*waste stabilization*)
- i. Konversi menjadi zeolit dan adsorben

**Tabel 1.1 Komposisi kimia abu terbang batubara**

Komponen	Bituminous	Sub-bituminous	Lignite
SiO <sub>2</sub>	20-60%	40-60%	15-45%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-35%	20-30%	10-25%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-40%	4-10%	4-15%
CaO	1-12%	5-30%	15-40%
MgO	0-5%	1-6%	3-10%
SO <sub>3</sub>	0-4%	0-2%	0-10%
Na <sub>2</sub> O	0-4%	0-2%	0-6%
K <sub>2</sub> O	0-3%	0-4%	0-4%
LOI	0-15%	0-3%	0-5%

Sifat kimia dari abu terbang batubara dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batubara lignit dan sub-bituminous menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminous.

Abu terbang batubara terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075mm. Kerapatan abu terbang berkisar antara 2100 sampai 3000 kg/m<sup>3</sup> dan luas area spesifiknya (diukur berdasarkan metode permeabilitas udara *Blaine*) antara 170 sampai 1000 m<sup>2</sup>/kg (Pratama Y dkk, 2007).

Secara umum adsorpsi merupakan suatu proses molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynold,1982). Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang

mengadsorpsi, sifat atom/molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain. Adsorpsi dibatasi terutama oleh proses difusi film dan difusi pori, hal ini tergantung oleh besarnya pergolakan dalam sistem. Jika pergolakan antar partikel karbon dan fluida relatif kecil, maka lapisan film disekeliling partikel akan tebal sehingga adsorpsi berlangsung lambat. Apabila dilakukan pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi film akan meningkat (Webber,1972).

Pada penelitian ini adsorpsi yang akan dilakukan yakni pada logam berat besi (Fe). Besi adalah logam yang dihasilkan dari bijih besi dan jarang dijumpai dalam keadaan unsur bebas. Untuk mendapatkan unsur besi, campuran lain harus disingkirkan melalui pengurangan kimia.

Umumnya logam berat memiliki toksisitas yang cukup tinggi karena setelah masuk ke dalam tubuh dapat mengganggu metabolisme tubuh yang pada gilirannya dapat menimbulkan berbagai macam penyakit dan kematian. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam Fe termasuk dalam logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Apabila Logam berat ini bila terlalu banyak terkonsumsi dalam tubuh manusia dapat menimbulkan efek buruk bagi kesehatan.

### III. METODOLOGI

Dalam pelaksanaan pembuatan adsorben ini, beberapa variabel kuantitatif yang diberikan adalah sebagai berikut :

- 1.Konsentrasi HCL
- 2.Rasio FA/NaOH
- 3.Suhu Aktivasi

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

#### a. Perlakuan Awal

##### ▪ Proses Refluks

Mencampurkan fly ash dengan HCl ke dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan kondensor. Kemudian memanaskan campuran

dan diaduk dengan pengaduk magnetik. Lalu mencuci hasil pemanasan tersebut dengan aquadest sampai pH netral yakni 7. Kemudian mengeringkan sampel di dalam oven dengan suhu 120°C selama 2 jam.

▪ **Proses Aktivasi Adsorben**

Padatan NaOH ditambahkan kedalam fly ash hasil dari pemanasan yang telah kering. Kemudian sampel dibakar didalam furnace .

▪ **Proses Hidrotermal**

Masing-masing sampel diambil 5 gram, kemudian dimasukkan aquades sebanyak 12.5 ml. Memasukkan setiap sampel ke dalam autoklaf pada suhu 100°C selama 1 jam. Kemudian menyaring sampel dan mengeringkannya didalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam.

**b. Percobaan Adsorpsi**

Penyiapan limbah (larutan besi) yakni FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O pada gelas beker 1000 ml. Pembuatan larutan diawali dengan menentukan konsentrasi yang diinginkan yakni 5 ppm, lalu menimbang berat FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O. kemudian memasukkan bahan tersebut kedalam 1 liter air untuk melarutkannya. Larutan ini digunakan sebagai larutan standar.

Lalu sampel dimasukkan kedalam beker gelas yang berisi larutan besi serta melakukan pengadukan. Percobaan dilakukan berulang-ulang dengan beberapa variabel pada tiap sampel. Sampel diambil sebanyak 100 ml, kemudian dilakukan analisis kadar Fe dengan menggunakan spektrofotometer.

**c. Prosedur Analisa**

Hasil dari beberapa tahapan dalam pembuatan adsorben ini kemudian dianalisa. Adapun analisa yang dilakukan antara lain analisa kandungan logam pengotor (spesifikasi logam Fe) baik bahan baku, maupun setelah proses refluks, dan analisa kandungan logam Fe setelah diaktivasi. Setelah itu dilakukan analisa penyerapan besi pada adsorben fly ash.

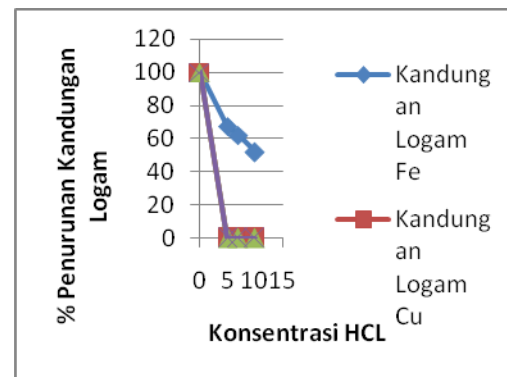
**1. Hasil dan Pembahasan**

Tabel 4.2 Data Hasil Analisa Fly Ash Sebelum di Refluks

Material Logam dalam Fly Ash	Kandungan Logam (%)
Fe	0,37
Cu	0,0053
Pb	0,001
Ni	0,006

Tabel 4.3 Data Hasil Analisa Fly Ash Setelah di Refluks

Konsentrasi Sampel (M)	Material Logam dalam Fly Ash	Kandungan Logam (%)
5	Fe	0,120
	Cu	< 0,001
	Pb	< 0,001
	Ni	< 0,001
7	Fe	0,140
	Cu	< 0,001
	Pb	< 0,001
	Ni	< 0,001
10	Fe	0,178
	Cu	< 0,001
	Pb	< 0,001
	Ni	< 0,001



Gambar 4.1 Pengaruh konsentrasi HCL terhadap kandungan logam

Pengaruh konsentrasi HCL terhadap kandungan logam ditunjukkan pada gambar 4.1. dari gambar dapat dilihat adanya penurunan kandungan logam. Semakin besar konsentrasi

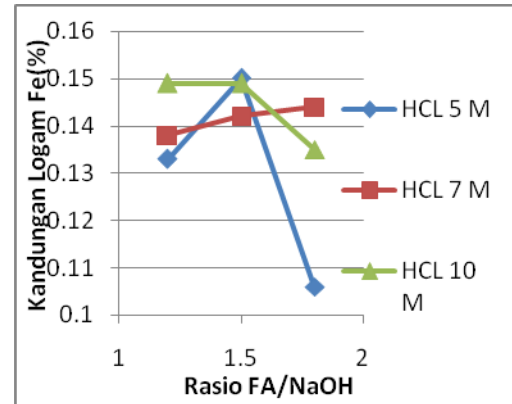
HCL yang ditambahkan maka semakin besar % kandungan logam Fe nya. Hal ini disebabkan karena asam klorida (HCL) merupakan reagen asam yang baik, sehingga dapat melarutkan logam dalam jumlah yang cukup besar.

Dari gambar 4.1 terlihat % penurunan kandungan logam yang optimum dicapai pada pelarut HCL dengan konsentrasi 10 M sebesar 0,52%. Sementara untuk logam Cu, Pb, dan Ni tidak terlihat perbedaannya karena memiliki % penurunan yang hamper sama dan cukup kecil. Hasil yang diperoleh ini sesuai dengan pernyataan bahwa perlakuan refluks dengan pelarut HCL akan menurunkan logam pengotor didalam fly ash(Susilowati dkk, 2000).

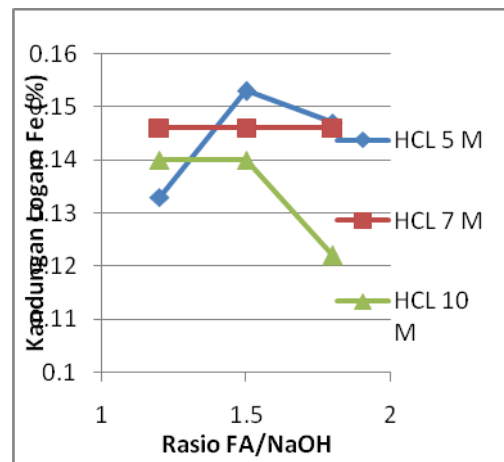
Konsentrasi (M)	Suhu Aktivasi (°C)	Rasio FA/NaOH	Kandungan (%)
			Fe
5	550	1,2	0,133
	550	1,5	0,150
	550	1,8	0,106
	600	1,2	0,133
	600	1,5	0,153
	600	1,8	0,147
	700	1,2	0,125
	700	1,5	0,131
	700	1,8	0,131
7	550	1,2	0,138
	550	1,5	0,142
	550	1,8	0,144
	600	1,2	0,146
	600	1,5	0,146
	600	1,8	0,146
	700	1,2	0,128
	700	1,5	0,132
	700	1,8	0,130
10	550	1,2	0,149
	550	1,5	0,149
	550	1,8	0,135
	600	1,2	0,140
	600	1,5	0,140
	600	1,8	0,122
	700	1,2	0,128
	700	1,5	0,127

700	1,8	0,127
-----	-----	-------

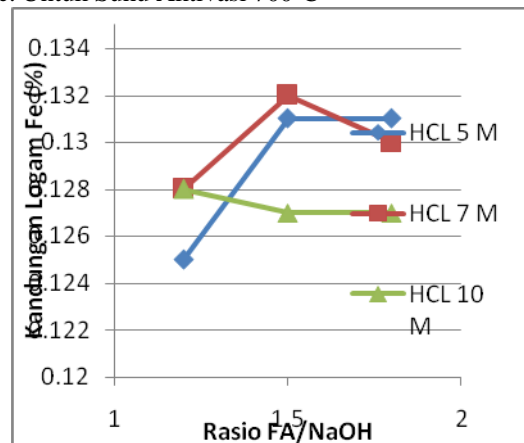
a. Untuk Suhu aktivasi 550°C



b. Untuk Aktivasi 600°C



c. Untuk Suhu Aktivasi 700°C



Gambar 4.2 Pengaruh Rasio FA/NaOH Terhadap Kandungan Logam Fe.

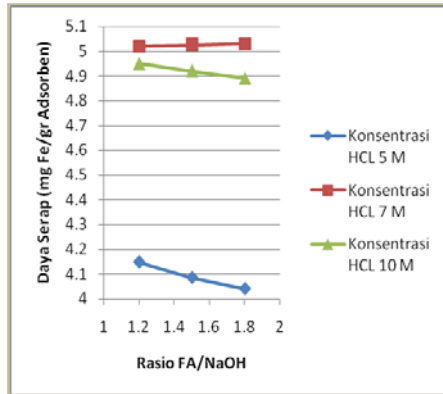
Dari gambar 4.2 dapat diketahui bahwa kandungan logam Fe cenderung berkurang apabila rasio FA/NaOH dinaikkan. Adanya peningkatan kandungan logam Fe dapat mengganggu daya adsorben yang terbentuk. Pada gambar 4.2 penambahan logam Fe yang terbesar terlihat pada saat suhu aktivasi 550°C dengan konsentrasi 5 M. Hal ini terjadi karena

pada saat diaktivasi pada suhu 550°C, NaOH belum terdifusi secara sempurna dengan fly ash sehingga struktur pori adsorben yang terbentuk belum sempurna. Sementara pada suhu 600 dan 700 °C, kandungan logam berkurang karena rasio FA/NaOH semakin besar. Hal ini terjadi karena NaOH telah berdifusi secara sempurna.

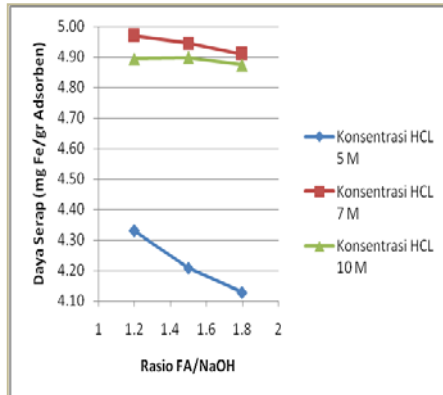
**Tabel 4.5 Data Hasil Analisa Adsorpsi Fe**

Suhu Aktivasi (°C)	Konsentrasi HCL (M)	Rasio FA/NaOH	Adsorpsi (%)	Konsentrasi Sisa (ppm)	Konsentrasi Terserap (ppm)	Daya Serap (mg Fe terserap/gr adsorben)
550	5	1,2	0,414	0,852	4,148	4,148
	5	1,5	0,445	0,914	4,086	4,086
	5	1,8	0,463	0,960	4,04	4,04
	7	1,2	-0,012	-0,02	5,02	5,02
	7	1,5	-0,0125	-0,025	5,025	5,025
	7	1,8	-0,013	-0,03	5,03	5,03
	10	1,2	0,023	0,05	4,95	4,95
	10	1,5	0,037	0,08	4,92	4,92
600	10	1,8	0,051	0,11	4,89	4,89
	5	1,2	0,321	0,671	4,329	4,329
	5	1,5	0,380	0,791	4,209	4,209
	5	1,8	0,421	0,872	4,128	4,128
	7	1,2	0,011	0,03	4,97	4,97
	7	1,5	0,0275	0,055	4,945	4,945
	7	1,8	0,044	0,09	4,91	4,91
	10	1,2	0,035	0,106	4,894	4,894
700	10	1,5	0,049	0,102	4,898	4,898
	10	1,8	0,061	0,126	4,874	4,874
	5	1,2	0,404	0,831	4,169	4,169
	5	1,5	0,492	0,102	3,98	3,98
	5	1,8	0,569	1,24	3,76	3,76
	7	1,2	0,048	0,099	4,90	4,90
	7	1,5	0,033	0,068	4,93	4,93
	7	1,8	0,049	0,08	4,92	4,92
700	10	1,2	0,079	0,164	4,836	4,836
	10	1,5	0,0685	0,142	4,858	4,858
	10	1,8	0,058	0,1205	4,879	4,879

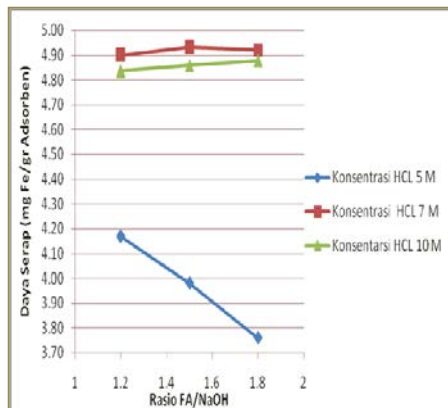
a. Untuk Suhu Aktivasi 550°C



b. Untuk Suhu Aktivasi 600°C



c. Untuk Suhu Aktivasi 700°C



Gambar 4.3 Pengaruh HCl dan Rasio FA/NaOH Terhadap Daya Serap Adsorben

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa daya serap adsorben akan semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi HCL. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa pada konsentrasi (5, 7, 10) M daya serap adsorben semakin berkurang dengan berkurangnya rasio perbandingan fly ash (FA) dengan NaOH, hal ini disebabkan karena banyak NaOH yang ditambahkan akan membentuk struktur pori yang lebih besar sehingga mempunyai daya serap yang lebih tinggi.

Dari gambar dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 5 M daya serap adsorben yang dihasilkan paling kecil yakni 4,1 – 4,32 mg Fe/gr adsorben. Sementara untuk daya serap paling tinggi terlihat pada konsentrasi HCL 7 M yakni 4,97 mg Fe/gr adsorben.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemanfaatan fly ash dari hasil pembakaran batubara sebagai adsorben cukup efektif dengan beberapa perlakuan kimia dan fisika. Dengan adanya perlakuan tersebut struktur pori dari fly ash akan terbentuk jauh lebih besar sehingga dapat digunakan sebagai adsorben. Pada saat perlakuan refluka semakin tinggi konsentrasi HCL penurunan kandungan logam pengotor pada sampel semakin besar, hal ini menyebabkan daya serap adsorben pun semakin meningkat. Semakin kecil rasio FA/NaOH maka daya serap adsorben fly ash akan semakin besar. Adsorben dari fly ash mempunyai daya serap sebesar 4,97 mg Fe/gr adsorben pada kondisi rasio FA/NaOH 1.2 dan konsentrasi HCL 7 M.

Sebaiknya analisa ditambah yakni analisa perpindahan massa, sehingga nantinya kita dapat mengetahui seberapa besar perpindahan massa yang terjadi pada pembuatan adsorben.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M dan Harsodo. 1990. *Zeolit Alam*. Direktorat Jendral Pertambangan Umum, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral Bandung, Bandung.
- Arifin Pararaja. 2009. *Mengenal Logam Berat (Heavy Metal)*. (Online).

- [Arifin\\_pararaja@yahoo.co.id](mailto:Arifin_pararaja@yahoo.co.id)
- Atkins, P.W. 1982. *Kimia Fisika 2*. Erlangga.Jakarta
- Bayat,B. 2002. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 95(3)275-290. (Online). [www.majarikanayakan.com](http://www.majarikanayakan.com)
- Fatmawati. 2006. Kajian Adsorpsi Cd(II) Oleh Biomassa Potamogeton (Rumput naga) Yang Terimobilkan Pada Silica Gel. Banjarbaru
- Hughes, M.N dan Poole, R.K., 1984, *Metals and Microorganism*, Chapman and Hall, London.
- Indonesia Power. 2002. PLTU Suralaya.
- Muchtar Masjono,dkk. 2006. *Penggunaan Zeolit Untuk Menjerap Ion Logam Nikel Pada Tanah pertambangan Di Sorowako*. Majalah Teknik Industri. Sinar Pelangi, Makassar.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. John Wiley and Sons. New York.
- Pratama Yoga. dkk. 2007. Coal fly ash conversion to zeolite for removal of chromium and nickel from wastewaters.(Online). [www.majarikanayakan.com](http://www.majarikanayakan.com)
- Sujarwadi. 1997. *Sekilas tentang Zeolit*. Pusat Pengembangan Teknologi Mineral. Bandung
- Susilowati, dkk. 2000. Pemanfaatan Abu Layang Batubara sebagai Bahan Dasar Sintesis Zeolit dengan Metoda Reaksi Hidrotemal melalui Refluks HCL sebagai Perlakuan Awal. Prosiding Seminar Nasional Komia VIII. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Wang dkk. 2006. *Journal of Hazardous Materials*. (Online). [www.majarikanayakan.com](http://www.majarikanayakan.com)