

# **PEMANFAATAN *FLY ASH* SEBAGAI MATERIAL ADSORBEN UNTUK MENURUNKAN KANDUNGAN LOGAM FE PADA LIMBAH CAIR DI UNIT *WASTE WATER TREATMENT PLANT* PT POMI**

Avielia Putri Wardani<sup>1</sup>, Safirda Dwi Maulidz<sup>2</sup>, Anang Takwanto<sup>1</sup>, Erwan Yulianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia

<sup>2</sup>PT POMI Paiton, Jl. Raya Surabaya-Situbondo Km 141, Bhinor, Probolinggo, Indonesia  
avieliapw@gmail.com, [a.takwanto@gmail.com], [eyulianto@pomi.co.id]

## **ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan abu terbang batubara teraktivasi dan antrasit sebagai adsorben ion logam berat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH, suhu aktivasi fisika dan interaksi antara NaOH dengan suhu aktivasi fisika terhadap penurunan kandungan logam Fe pada limbah cair di PT POMI, serta untuk mengetahui pengaruh jenis adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe pada limbah cair PT POMI. Penelitian ini dimulai dengan mengaktivasi abu terbang, dengan 2 metode, yang pertama metode kimia dalam suasana basa menggunakan konsentrasi NaOH 1 M, konsentrasi NaOH 2 M, konsentrasi NaOH 3 M dan yang kedua metode fisika menggunakan variabel suhu 100°C, 120°C, 140°C dan 160°C selama 1 jam. Abu terbang yang telah diaktivasi dan antrasit (tanpa aktivasi) kemudian digunakan sebagai adsorben limbah cair PT POMI. Hasil adsorpsi diuji dengan AAS untuk mengetahui penurunan kandungan logamnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kandungan logam Fe paling baik sebesar 4,459 ppm pada penggunaan larutan NaOH 3 M dengan suhu 160°C dari konsentrasi awal sebelum adsorpsi sebesar 4,46 ppm menjadi 0,001 ppm. Sedangkan hasil adsorpsi menggunakan adsorben antrasit penurunan kandungan logam Fe pada limbah cair sebesar 2,31 ppm dengan persentase penurunan sebesar 51,84%. Hal tersebut telah memenuhi standar syarat kandungan logam yang ada di PT POMI yaitu maksimal 3 ppm.

**Kata kunci:** abu terbang, metode aktivasi, limbah cair, logam Fe

## **ABSTRACT**

*This research was conducted by utilizing activated fly ash and anthracite as adsorbent for heavy metal ions. The purpose of this research is to know the effect of NaOH concentration, physical activation temperature and the interaction between NaOH and physical activation temperature on decreasing Fe metal content in liquid waste PT POMI, and to determine the effect of adsorbent types on decreasing Fe metal content in liquid waste PT POMI. This research begins with the activation of fly ash samples by two methods, the first, chemical method in alkaline conditions uses concentration of NaOH 1 M, concentration of NaOH 2 M, concentration of NaOH 3 M and the second is physical method uses temperatures variable of 100 °C, 120 °C, 140 °C and 160 °C for 1 hour. Activated fly ash and anthracite (without activation) were then used as adsorbent for liquid waste. The adsorption results were tested with AAS to determine the decreasing of metal content. The results showed that the best reduction of Fe metal content was 4.459 ppm when using 3 M NaOH solution at a temperature of 160 °C from the initial concentration before adsorption of 4.46 ppm to 0.001 ppm. While the results of adsorption using anthracite adsorbent, the decrease of Fe metal content in liquid waste was 2.31 ppm with a decrease proportion of 51.84%. This has met the standard requirements for metal content in PT POMI, which is a maximum of 3 ppm.*

**Keywords:** fly ash, activation method, liquid waste, Fe metal

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan batubara sebagai pembangkit listrik tenaga uap ternyata mengakibatkan dampak negatif bagi lingkungan, karena menghasilkan limbah yang berupa *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) yang merupakan salah satu limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya) sehingga sangat berbahaya jika mencemari udara sekitar [1]. Komponen silika dan alumina yang ada pada abu terbang memungkinkan dapat disintesis menjadi material yang strukturnya mirip dengan zeolit atau dikenal dengan *Zeolite Like Material* (ZLM). Struktur zeolit yang berpori merupakan sifat yang dapat dimanfaatkan sebagai material adsorben suatu bahan pencemar yang dikeluarkan dari suatu industry [2].

Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu terbang batubara sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan, diantaranya dapat digunakan sebagai bahan campuran pembuatan batako, bahan campuran atau pengganti semen pada pembuatan *roster* serta dapat digunakan sebagai adsorben [3]. Keuntungan adsorben berbahan baku limbah *fly ash* adalah biayanya yang murah. Selain itu adsorben dapat digunakan baik untuk pengolahan limbah cair maupun limbah gas. Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Lestari [3] yaitu *fly ash* yang telah diaktivasi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk penentuan kadar gas NO<sub>2</sub> diudara, tetapi belum dapat digunakan untuk penentuan kadar logam pada limbah cair. Penelitian selanjutnya pernah juga dilakukan oleh Wardani [4] pada penelitiannya dilakukan dengan memanfaatkan limbah cair artifisial dengan menggunakan adsorben abu terbang dan hasilnya abu terbang yang digunakan dapat menyerap 99,98% logam Fe yang ada pada limbah cair.

Selain abu terbang, terdapat jenis batubara yang paling baik kualitasnya dan termasuk jenis batubara yang paling tua yaitu antrasit. Antrasit merupakan jenis batubara yang memiliki kandungan karbon cukup tinggi sebesar 86% - 98% dengan kadar air yang kurang dari 8%. Selain itu memiliki daya serap yang tinggi sehingga dapat dijadikan sebagai material adsorben [5]. Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam [6]. Menurut Tualeka [7] Adsorpsi merupakan fenomena yang terjadi pada permukaan. Adsorpsi adalah suatu peristiwa terkontakannya partikel padatan dan cairan pada kondisi tertentu sehingga sebagian cairan menempel pada permukaan rongga di permukaan padatan dan konsentrasi cairan yang tidak menempel pada permukaan rongga mengalami perubahan. Pada proses ini partikel pengotor menempel pada bagian pinggir dari bahan penyerap.

Berdasarkan uraian diatas maka pada penelitian ini memanfaatkan bahan adsorben dari abu terbang yang merupakan limbah hasil pembakaran batu bara dan bahan adsorben pembandingnya menggunakan antrasit di PLTU PT POMI. Abu terbang dan antrasit sangat memungkinkan untuk digunakan menjadi bahan adsorben untuk menurunkan kadar logam Fe pada limbah cair. Menganalisa kandungan logam Fe pada limbah cair menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahap awal yang dilakukan adalah tahap pembuatan adsorben, abu terbang yang berasal dari limbah batubara PT POMI di aktivasi dengan metode kimia melalui penambahan

larutan basa yaitu NaOH dengan konsentrasi yang telah ditentukan kemudian melakukan aktivasi metode fisika dengan variasi suhu yang ditentukan. Tahap kedua yaitu proses adsorpsi, abu terbang yang telah diaktivasi dan antrasit dikontakkan dengan limbah cair kemudian diendapkan beberapa saat lalu disaring. Hasil saringan tersebut digunakan untuk uji kandungan ion logam Fe yang terdapat pada limbah cair dengan menggunakan AAS.

### **2.1. Pembuatan Adsorben**

Pengambilan sampel abu terbang yang berasal dari limbah PT POMI. Lalu selanjutnya melakukan metode aktivasi abu terbang dengan metode kimia. Menimbang abu terbang sebesar 50gram dengan timbangan digital sebanyak 12 kali di laboratorium PT POMI. Menambahkan larutan NaOH sebanyak 100 ml dengan masing-masing konsentrasi NaOH 1 M, konsentrasi NaOH 2 M dan konsentrasi NaOH 3 M dalam 50 gram abu terbang pada gelas kimia. Abu terbang yang telah dicampur dengan NaOH direfluks pada suhu 90°C selama 60 menit, kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit dengan putaran 500 rpm secara konstan dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Abu terbang disaring menggunakan kertas saring dan dicuci dengan aquades sampai beberapa kali hingga pH netral, untuk mengetahui pH netral maka hasil proses penyaringan tersebut dicelupkan kertas lakmus.

Tahap selanjutnya yaitu aktivasi abu terbang dengan metode fisika. Residu abu terbang hasil aktivasi kimia dipanaskan dengan menggunakan oven pada variasi suhu 100°C, 120°C, 140°C dan 160°C selama 1 jam. Setelah kering abu terbang didiamkan sampai suhu kamar dan setelah itu abu terbang sudah dapat digunakan sebagai adsorben.

### **2.2. Proses Adsorpsi**

Menimbang adsorben abu terbang teraktivasi dan antrasit sebanyak 5 gram, kemudian dicampurkan kedalam 100 ml limbah cair. Setelah itu diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit dengan putaran 500 rpm secara konstan. Kemudian, dengan langkah yang sama dilakukan pengulangan sebanyak 12 kali pada abu terbang dan 3 kali pada antrasit.

Selanjutnya 15 larutan tersebut diendapkan beberapa saat, kemudian disaring dengan kertas saring. Hasil penyaringan tersebut digunakan untuk uji kandungan Fe total yang terdapat pada limbah cair.

### **2.3. Uji Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)**

Pengujian kandungan logam Fe pada limbah cair dengan menggunakan hasil penyaringan yang dihasilkan setelah proses adsorpsi. Limbah cair tersebut langsung dapat diukur konsentrasi logamnya dengan AAS.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

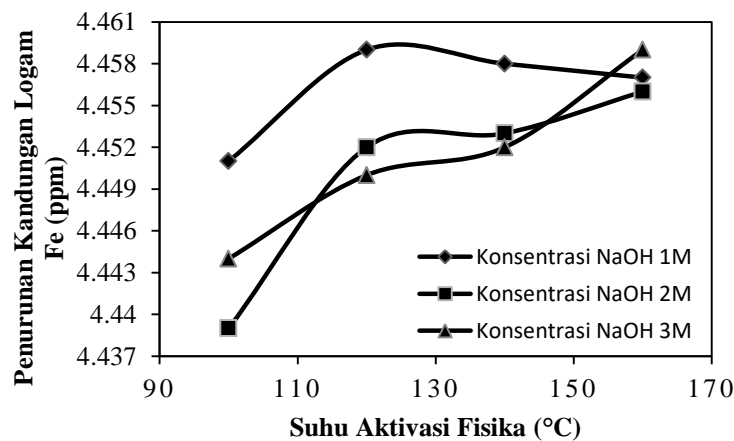
### **3.1. Daya Serap Adsorben Abu Terbang Teraktivasi Terhadap Logam Fe pada Limbah Cair**

Pada pengujian daya serap adsorben abu terbang terhadap kandungan logam Fe, peneliti menguji terlebih dahulu limbah cair yang berasal dari PT POMI dengan AAS untuk mengetahui konsentrasi awal limbah cair sebelum dilakukan proses adsorpsi. Dapat dilihat

dari Tabel 1. Penurunan kandungan Fe menggunakan adsorben abu terbang teraktivasi pada limbah cair, konsentrasi Fe sebelum proses adsorpsi sebesar 4,46 ppm. Kemudian dilakukan proses adsorpsi dengan abu terbang lalu limbah cair hasil adsorpsi diuji kadar kandungan logamnya menggunakan AAS. Hasilnya menunjukkan penurunan kandungan logam Fe paling baik sebesar 4,459 ppm dengan efisiensi penghilang sebesar 99,97 %, pada konsentrasi NaOH 1 M suhu 100°C dan konsentrasi NaOH 3 M suhu 160°C.

**Tabel 1.** Konsentrasi logam Fe menggunakan adsorben abu terbang

| Konsentrasi Fe (ppm) sebelum adsorpsi | Aktivasi kimia (NaOH) | Aktivasi fisika (suhu) | Konsentrasi Fe (ppm) sesudah adsorpsi | Penurunan kandungan logam Fe (ppm) | Jumlah Fe teradsorpsi (mg/g) | Efisiensi Penghilang (%) |
|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 4,46                                  | 1 M                   | 100° C                 | 0,009                                 | 4,451                              | 0,08902                      | 99,798                   |
|                                       |                       | 120° C                 | 0,001                                 | 4,459                              | 0,08918                      | 99,977                   |
|                                       |                       | 140° C                 | 0,002                                 | 4,458                              | 0,08916                      | 99,955                   |
|                                       |                       | 160° C                 | 0,003                                 | 4,457                              | 0,08914                      | 99,932                   |
|                                       | 2 M                   | 100° C                 | 0,021                                 | 4,439                              | 0,08878                      | 99,529                   |
|                                       |                       | 120° C                 | 0,008                                 | 4,452                              | 0,08904                      | 99,820                   |
|                                       |                       | 140° C                 | 0,007                                 | 4,453                              | 0,08906                      | 99,843                   |
|                                       |                       | 160° C                 | 0,004                                 | 4,456                              | 0,08912                      | 99,910                   |
|                                       | 3 M                   | 100° C                 | 0,016                                 | 4,444                              | 0,08888                      | 99,641                   |
|                                       |                       | 120° C                 | 0,01                                  | 4,45                               | 0,08900                      | 99,775                   |
|                                       |                       | 140° C                 | 0,008                                 | 4,452                              | 0,08904                      | 99,820                   |
|                                       |                       | 160° C                 | 0,001                                 | 4,459                              | 0,08918                      | 99,977                   |



**Gambar 1.** Grafik antara suhu aktivasi terhadap penurunan konsentrasi logam Fe pada variabel NaOH

Pada grafik di atas antara suhu aktivasi terhadap penurunan kandungan Fe pada konsentrasi NaOH 1 M, konsentrasi NaOH 2 M, dan konsentrasi NaOH 3 M. Suhu aktivasi fisika menggunakan suhu 100°C, 120°C, 140°C, 160°C dan konsentrasi NaOH sebagai aktivasi kimia sebesar NaOH 1 M, NaOH 2 M, NaOH 3 M. Grafik di atas menunjukkan kurva penurunan kandungan Fe semakin besar seiring dengan semakin tinggi suhu aktivasi fisika. Pada konsentrasi NaOH 1 M penurunan kandungan Fe paling besar pada suhu 120°C sebesar

4,459 ppm dengan penurunan konsentrasi Fe setelah proses adsorpsi sebesar 0,001 ppm dengan persentase penurunannya sebesar 99,97%. Pada Konsentrasi NaOH 2 M penurunan kandungan Fe paling besar pada suhu 160°C sebesar 4,456 ppm dengan penurunan konsentrasi Fe setelah proses adsorpsi sebesar 0,004 ppm dengan persentase penurunannya sebesar 99,91%. Pada Konsentrasi NaOH 3 M penurunan kandungan Fe paling besar pada suhu 160°C sebesar 4,459 ppm dengan penurunan konsentrasi Fe setelah proses adsorpsi sebesar 0,001 ppm dengan persentase penurunannya sebesar 99,97%. Pada konsentrasi NaOH 1 M penurunan kandungan Fe terbaik pada suhu 120°C, hal ini tidak sesuai literatur [4] dimana semakin besar suhu aktivasi semakin memperluas permukaan pori-pori pada abu terbang jadi semakin besar daya adsorpsinya. Ada faktor yang menyebabkan hasil konsentrasi NaOH 1 M ini dikarenakan waktu menuangkan larutan NaOH kedalam labu bundar leher 3 masih ada sisa yang tertumpah di meja dan gelas ukur yang digunakan untuk wadah larutan konsentrasi NaOH 1 M terdapat sisa sisa tisu di dalamnya. Penurunan kandungan Fe paling terbaik pada larutan konsentrasi NaOH 3 M dengan suhu 160°C sebesar 4,459 ppm dengan persentase penurunannya sebesar 99,97%. Hal ini sudah sesuai dengan literatur [4] dimana konsentrasi NaOH 3 M lebih pekat, sehingga kondisi ini memperluas struktur pori pada adsorben dan semakin tinggi suhu pemanasan aktivasi abu terbang maka akan membentuk lebih banyak pori sehingga kemampuan dalam menyerap padatan terlarut menjadi lebih baik [5]. Oleh karena itu, abu terbang dengan aktivasi konsentrasi NaOH 3 M memiliki daya adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi NaOH 1 M dan konsentrasi NaOH 2 M.

### 3.2. Daya Serap Adsorben Antrasit Terhadap Logam Fe pada Limbah cair

**Tabel 2.** Konsentrasi Fe teradsorpsi pada adsorben limbah cair

| Konsentrasi Fe (ppm) sebelum adsorpsi | Konsentrasi Fe sesudah adsorpsi (ppm) | Jumlah Fe teradsorpsi (mg/g) | Efisiensi Peghilang (%) |
|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 4,46                                  | 2,191                                 | 0,045                        | 50,87%                  |
|                                       | 2,148                                 | 0,046                        | 51,84%                  |

Dapat dilihat dari Tabel 2 Konsentrasi Fe dan Jumlah Fe terabsorpsi menggunakan antrasit pada limbah cair, pada proses adsorpsi ini menggunakan adsorben antrasit. Sebelum proses adsorpsi memiliki kandungan Fe pada limbah sebesar 4,46 ppm dan setelah proses adsorpsi menggunakan adsorben antrasit turun menjadi 2,19 ppm dan 2,15 ppm. Hal ini karena antrasit memiliki struktur berpori (area permukaan dan distribusi ukuran pori) dan permukaan kimia mengontrol sifat adsorpsi karbon aktif sehingga dapat menurunkan kandungan logam Fe pada limbah cair [8]. Jumlah ion logam Fe menjadi kecil pada limbah cair setelah dilakukan adsorpsi menggunakan antrasit adalah 0,0454 ppm dan 0,0462 ppm dengan efisiensi penurunan kandungan logam Fe (%) sebesar 50,87% dan 51,84%. pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 363 Tahun 2013 tentang izin Pembuangan Air Limbah ke Laut PT POMI, menyatakan bahwa kadar Fe maksimum yaitu sebesar 3 ppm.

Maka limbah yang telah dicampurkan dengan antrasit dapat memenuhi baku mutu kadar besi maksimum untuk pembuangan limbah cair PT POMI ke laut.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengaruh konsentrasi larutan NaOH sebagai aktivasi kimia mampu menurunkan kandungan Fe. Semakin pekat konsentrasi larutan NaOH pada penelitian ini 3 M maka semakin luas struktur pori-pori pada abu terbang sehingga semakin banyak penyerapan terhadap logam Fe. Pengaruh suhu pada aktivasi fisika mampu menurunkan kandungan logam Fe. Semakin tinggi suhu aktivasi fisika yaitu 160°C pada abu terbang maka semakin besar pori-pori yang terbuka sehingga kemampuan dalam menyerap kandungan logam Fe semakin banyak. Dari penelitian ini, hasil penurunan kandungan logam Fe terbaik pada konsentrasi NaOH 3 M dengan suhu 160°C didapatkan penurunan logam Fe sebesar 4,459 ppm dengan konsentrasi logam Fe sangat kecil sebesar 0,001 ppm.

Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan peneliti dapat menganalisa kemampuan adsorpsi abu terbang ataupun antrasit terhadap penurunan logam selain Fe misalnya Cu, Pb Zn, dan logam lainnya. Penelitian lebih lanjut dilakukan pada proses aktivasi suasana asam maupun suasana basa selain NaOH agar dapat membandingkan hasilnya. Diharapkan dapat mengetahui bentuk karakteristik abu terbang maupun antrasit. Penelitian selanjutnya dapat menganalisa kandungan limbah menggunakan metode selain AAS, seperti spektrofotometri dan lainnya agar dapat diketahui perbedaannya.

#### REFERENSI

- [1] Lasryza, A., Dyah S., 2012, *Pemanfaatan Fly Ash Batubara sebagai Adsorben Emisi Gas CO<sub>2</sub> pada Kendaraan Bermotor*, Jurnal Teknik POMITS, Vol.1, No. 1.
- [2] Mufrodi, Zahrul dkk., 2010, *Modifikasi Limbah Abu terbang sebagai Material Baru Adsorben*, Makalah disajikan dalam Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”, di Universitas Ahmad Dahlan, Diakses pada tanggal 17 Januari 2020, dari eprints.uny.ac.id.
- [3] Lestari, Y. T., 2013, *Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (Abu terbang) Batubara Sebagai Adsorben untuk Penentuan Kadar Gas NO<sub>2</sub> di Udara*, Skripsi, Jurusan Kimia Universitas Jember.
- [4] Wardani, L. D.K., 2018, *Karakteristik Fly Ash (Abu Layang) Batubara sebagai Material Adsorben pada Limbah Cair yang Mengandung Logam*, Skripsi, Jurusan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- [5] Suci, F. C., 2012, *Pemanfaatan Abu terbang Batubara (Abu terbang) Teraktivasi sebagai Adsorben Ion Logam Pb<sup>2+</sup>*, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya.
- [6] Takwanto, A., Mustain, A., dan Sudarminto, H. P., 2018, *Penurunan Kandungan Polutan pada Lindi dengan Metode Elektrokoagulasi-Adsorpsi Karbon Aktif*, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 2, No. 1, Hal. 11-16.
- [7] Tualeka, M. K., 2016, *Sintesis Zeolit dari Abu terbang (Abu terbang) dengan Metode Hidrotermal dan Uji Adsorbtivitas terhadap Logam Tembaga (Cu)*, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin.

- [8] Parham, H., Saeed, S., 2013, *Simultaneous removal of nitrobenzene, 1,3-dinitrobenzene and 2,4-dichloronitrobenzene from water samples using anthracite as a potential adsorbent*, J. Environ. Chem. Eng. 1 1117–1123.