

PEMANFAATAN LIMBAH BATUBARA *FLY ASH* SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PENYERAPAN ZAT TOKSIN PIRIDIN

Irwan Sofia¹⁾, Wahyu Budi Utomo¹⁾ Anton Saranga²⁾ Rai Ibrahim Pirri²⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

²⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Pyridine is a very toxic pollutant that has to be removed from waste water. In this work, adsorption of pyridine on the waste from coal fly ash (CFA) is studied as a possible alternative for eliminating pyridine from aqueous solution. The objective of this study is to investigate the adsorption ability of coal fly ash through the effect of pH of the substrate solution (pH 4,0, 7,0 and 9,0), and the effect of pyridine adsorbate concentration in the solution (100 ; 200 ; 300 ; 400 dan 500 ppm). The absorption process was done at room temperature (29±1°C). Pre-treatment of coal fly ash was done by washing with running water at 70°C, to remove impurities and improve the surface of adsorbent. The results of the analysis obtained the optimum conditions for each test parameter, the optimum adsorption at pH 9, in adsorbate concentration 500 ppm in the solution. The adsorption efficiency was 31.18% with the adsorption capacity 2.5812 mg pyridine/g adsorbent of coal fly ash. The results of this study indicate that the coal fly ash adsorbent has an active surface that can adsorb the pyridine molecules effectively.

Keywords: coal fly ash, pyridine, adsorption, absorbent.

1. PENDAHULUAN

Piridin merupakan larutan pekat, tidak berwarna, mudah terbakar, memiliki aroma yang kurang sedap, mudah menguap, dan sangat larut dalam air. Paparan dari Piridin dapat merusak hati, ginjal, sistem imun, fungsi reproduksi, berpotensi mengakibatkan kanker, insomnia, anoreksia, dan dermatitis. Piridin telah dideteksi pada permukaan dan dasar dari limbah cair yang dihasilkan akibat aktivitas industri. Konsentrasi dari pabrik farmasi berada pada kisaran 200-300 mg/dm³ [1]. Piridin dengan konsentrasi 0,82 mg/dm³ pada limbah cair, akan menghasilkan aroma yang tidak sedap [2]. Meskipun tidak ada deskripsi khusus mengenai batasan konsentrasi piridin yang dapat dibuang, secara umum limbah buangan yang mengandung piridin dibuang dengan konsentrasi tidak lebih dari 1 mg/dm³ untuk meminimalisasi sifat racun dan mengurangi aroma yang tidak sedap dari limbah cair tersebut.

Metode adsorpsi merupakan metode alternatif yang baik untuk pengolahan dan pemurnian limbah cair. Oleh karena itu, untuk mengurangi kadar piridin dalam limbah cair dapat dilakukan menggunakan metode adsorpsi. Beberapa material telah digunakan sebagai adsorben untuk mengurangi kadar piridin dalam limbah cair, seperti *spent Rundle oil shaled* [3] and *combusted oil shale* [4], abu dari sekam padi (RHA) [5], abu terbang dari ampas tebu (BFA) [1], *granular activated carbon prepared from coconut shell* (CSAC) dan *coconut shell fiber* [6], dan *peanut shells activated carbon* (PSAC) [7], *strong acid ion exchange resins* [8], *natural dan synthetic apatites* [9], *activated carbon cloth* (ACC) [6], dan *oxidized carbon nanotubes* (CNTs) [10]. Kajian tentang penggunaan *fly ash* batubara sebagai adsorben piridin masih belum banyak dilakukan, sehingga dalam kajian ini, *fly ash* batubara digunakan sebagai adsorben alternatif untuk penyerapan zat toksin piridin.

Fly ash batubara adalah material yang memiliki ukuran butiran yang halus berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara [11]. Pembakaran batubara pada PLTU menghasilkan dua jenis limbah padat yaitu abu layang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) yang merupakan salah satu limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya) sehingga sangat berbahaya jika mencemari udara sekitar. Keberadaan komponen silika dan alumina memungkinkan abu layang untuk dapat disintesis menjadi material yang strukturnya mirip dengan zeolit atau dikenal dengan *zeolite like material* (ZLM). Struktur zeolit berpori inilah yang merupakan sifat yang dapat dimanfaatkan sebagai material adsorben.

2. METODE PENELITIAN

Pengambilan bahan *fly ash* batubara dilakukan di PLTU Bosowa Energi, Punagaya, kecamatan Bangkala, kabupaten Jeneponto, Sulawesi Selatan. Penelitian dilakukan pada bulan Juli hingga September 2020 di

¹ Korespondensi penulis: Irwan Sofia, Telp 081524155020, irsosof@poliupg.ac.id

Laboratorium Kimia Fisika dan Laboratorium Instrumen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar.

1. Aktifasi Adsorben Fly ash

Bahan *Fly ash* batubara yang telah didapatkan dari PLTU Bosowa Energi Jeneponto, selanjutnya dicuci menggunakan air panas (70°C), kemudian disaring menggunakan kertas saring biasa. Setelah disaring, residu *fly ash* tersebut dikeringkan dengan cara pemanasan dalam oven pada suhu 105 °C. Setelah kering, *fly ash* didiamkan hingga mencapai suhu ruangan dan setelah itu *fly ash* sudah dapat digunakan sebagai adsorben.

2. Pembuatan Larutan Induk & Larutan Standar

Larutan induk dibuat dengan konsentrasi 1000 ppm dengan memipet 1,023 ml piridin yang dimasukkan ke dalam labu takar dan ditambahkan dengan aquabides sampai volume larutan mencapai 1000 ml. Larutan induk tersebut diencerkan untuk membuat larutan standar dengan 12 variasi konsentrasi, yaitu konsentrasi 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm, 350 ppm, 400 ppm, 450 ppm, dan 500 ppm.

3. Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Standar

Kandungan piridin dalam larutan dapat dianalisis menggunakan metode spektrofotometri. Absorbansi dari sampel piridin dianalisa menggunakan spektrofotometri UV-VIS. Untuk menentukan panjang gelombang maksimum, digunakan larutan piridin dengan konsentrasi 250 ppm. Lataye [5] melaporkan panjang gelombang maksimum yang diperoleh yaitu 249,5 nm. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, akan dilakukan pengujian terhadap panjang gelombang dengan range 200 nm – 300 nm. Setelah mengetahui panjang gelombang maksimum, selanjutnya dilakukan analisa terhadap larutan standar. Nilai absorbansi dari larutan standar dibuat dalam bentuk kurva kalibrasi sehingga diperoleh persamaan yang akan digunakan untuk menghitung konsentrasi piridin yang terkandung dalam sampel.

4. Adsorpsi Batch

Pada eksperimen, larutan piridin sebagai adsorbat akan dikontakkan dengan *fly ash* batubara dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 600 rpm, dengan volume kerja 500 ml. Variasi yang dilakukan pada proses ini yaitu variasi pH, konsentrasi adsorbat. Larutan yang mengandung zat toksin piridin yang digunakan sebagai adsorbat dibuat dalam lima variasi konsentrasi yaitu 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm.

Untuk mempelajari efek dari variasi pH ini, larutan adsorbat dibuat dalam tiga variasi pH yaitu pH 4,0; 7,0; dan 9,0 yang dilakukan penambahan larutan HCl 4 N untuk mendapatkan kondisi asam dan larutan NaOH 4 N untuk basa. Larutan adsorbat tersebut ditambahkan dengan adsorben *fly ash* batubara sebanyak 25 gram dan dilakukan pengadukan selama 3,5 jam dengan suhu ruangan (29±1 °C). Setelah dilakukan kontak selama 3,5 jam, larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring biasa, kemudian dianalisa menggunakan alat spektrofotometri UV-VIS.

5. Perhitungan Efisiensi Penyerapan dan Kapasitas Penyerapan (q_e)

Efisiensi Penyisihan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Efisiensi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \%$$

Dimana :

C₀ = Konsentrasi awal larutan piridin (ppm)

C_e = Konsentrasi kesetimbangan larutan piridin (ppm)

Jumlah piridin yang diadsorpsi dengan adsorben pada kesetimbangan dapat dihitung dengan persamaan:

$$q_e = \frac{V_0 C_0 - C_e (V_0 + V_a)}{W}$$

Dimana :

q_e = Piridin yang terserap dalam adsorben (mg/g)

C₀ = Konsentrasi awal larutan piridin (mg/L)

C_e = Konsentrasi kesetimbangan larutan piridin (mg/L)

V₀ = Volume Piridin dalam adsorber (L)

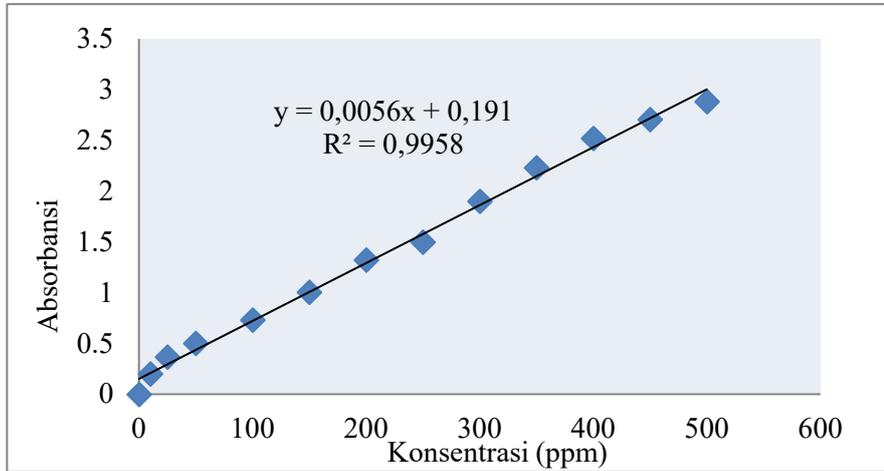
V_a = Volume asam/basa yang ditambahkan (L)

W = Berat Adsorben (g)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Larutan Standar piridin

Pembuatan kurva kalibrasi digunakan untuk mencari persamaan regresi linear sehingga dapat digunakan dalam pencarian nilai konsentrasi yang absorbansinya sudah diukur. Larutan standar dibuat dalam 12 variasi konsentrasi, yaitu konsentrasi 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm, 350 ppm, 400 ppm, 450 ppm, dan 500 ppm.

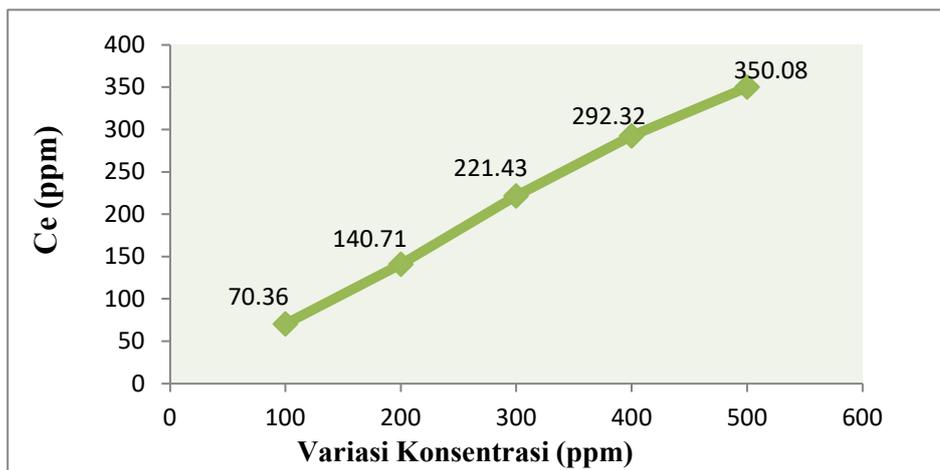


Gambar 1. Kurva kalibrasi larutan standar piridin

Persamaan regresi linear ini merupakan hubungan antara konsentrasi piridin dengan absorbansi piridin. Berdasarkan kurva kalibrasi larutan standar tersebut, diperoleh persamaan $y = 0,0056x + 0,191$, dengan nilai $R^2 = 0,9958$. Persamaan ini akan digunakan untuk menghitung nilai konsentrasi kesetimbangan (C_e) pada setiap penentuan parameter yang dilakukan.

Penentuan Kapasitas Penyerapan & Efisiensi Penyerapan

Larutan piridin yang digunakan sebagai adsorbat dibuat dalam lima variasi konsentrasi yaitu 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm. Larutan piridin ditambahkan larutan HCL 4 N untuk memperoleh pH 9 yang merupakan pH optimum penyerapan. Larutan adsorbat tersebut ditambahkan dengan adsorben sebanyak 25 gram dan dilakukan pengadukan dengan kecepatan 600 rpm selama 3,5 jam. Pengadukan dilakukan pada suhu ruangan yaitu 29 °C.

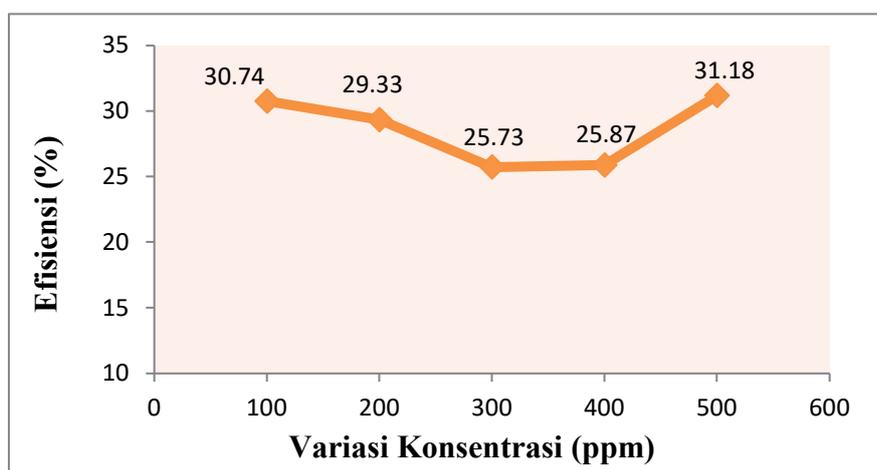


Gambar 2. Pengaruh konsentrasi adsorbat terhadap konsentrasi akhir piridin

Hasil perhitungan untuk konsentrasi akhir (C_e) ditunjukkan pada gambar 2. pengurangan kadar piridin pada konsentrasi 100 ppm sebesar 29,64 ppm, yaitu dari 96,42 ppm menjadi 70,36 ppm. Konsentrasi 200 ppm mengalami penurunan sebesar 59,29 ppm, yaitu dari 202,14 ppm menjadi 140,71 ppm. Konsentrasi adsorbat 300 ppm terjadi penurunan sebesar 78,57 ppm, yaitu dari 305,36 ppm menjadi 221,43 ppm. Penyisihan piridin pada konsentrasi adsorbat 400 ppm cukup besar yaitu 107,68 ppm yang sebelumnya 416,25 ppm menjadi 292,32

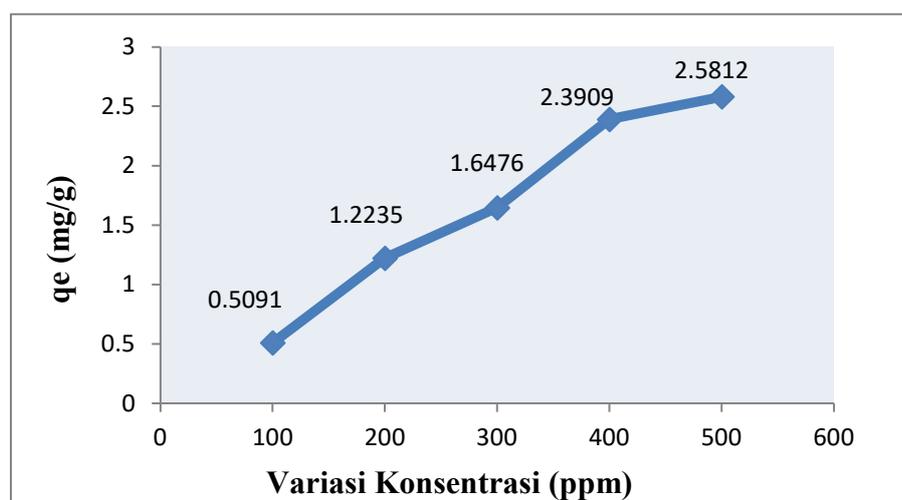
ppm. Penyisihan piridin paling besar terjadi pada konsentrasi adsorbat 500 ppm dengan penurunan sebesar 149,92 ppm yaitu dari 480,89 ppm menjadi 350,08 ppm.

Efisiensi penyisihan piridin ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai efisiensi penyisihan pada setiap konsentrasi adsorbat memiliki perbedaan yang relatif kecil yaitu berkisar di angka 25% hingga 31%. Konsentrasi adsorbat 100 ppm memiliki nilai efisiensi sebesar 30,74 %. Penurunan nilai efisiensi penyisihan piridin terjadi pada ketiga variasi berikutnya, yaitu konsentrasi 200 ppm sebesar 29,33 %, konsentrasi 300 ppm sebesar 25,73 %, dan untuk konsentrasi 400 ppm memiliki nilai efisiensi sebesar 25,87 %. Kenaikan nilai efisiensi penyisihan piridin terjadi pada konsentrasi adsorbat 500 ppm yaitu sebesar 31,18 %, yang merupakan nilai efisiensi tertinggi dalam penentuan konsentrasi adsorbat optimum.



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Adsorbat Terhadap Efisiensi Penyisihan Piridin

Kapasitas penyerapan piridin per gram adsorben (q_e) mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan konsentrasi larutan adsorbat. Konsentrasi 100 ppm memiliki kapasitas penyerapan paling kecil yaitu 0,5091 mg/g. Konsentrasi 200 ppm mengalami peningkatan dengan kapasitas penyerapan sebesar 1,2235 mg/g. Konsentrasi 300 ppm memiliki kapasitas penyerapan sebesar 1,6476 mg/g dan konsentrasi 400 ppm sebesar 2,3909 mg/g. Kapasitas penyerapan adsorben yang paling besar terjadi pada konsentrasi 500 ppm yaitu sebesar 2,5812 mg/g. Gambar 5. menunjukkan pengaruh konsentrasi awal adsorbat yang berbeda-beda terhadap kapasitas penyerapan.



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Adsorbat Terhadap Kapasitas Penyerapan Piridin

Kapasitas penyerapan piridin pada konsentrasi rendah (100 ppm) memiliki nilai yang lebih kecil karena adsorbat berjumlah sedikit sehingga pada volume kerja yang ada, partikel adsorbat memiliki jarak yang cukup jauh dengan partikel-partikel adsorbennya. Hal ini menyebabkan jumlah piridin yang diserap *fly ash* menjadi

lebih sedikit. Pada jarak tertentu antara permukaan adsorben dan adsorbat, adsorben tidak mampu menarik adsorbat, sehingga penyerapan tidak terjadi. Kapasitas penyerapan menjadi lebih optimal pada konsentrasi 500 ppm. Hal ini terjadi karena pada volume larutan yang sama yaitu 500 ml, perbandingan adsorben dengan adsorbat menjadi lebih baik sehingga jarak antar partikel tersebut dapat dimanfaatkan untuk proses penyerapan yang lebih baik pula. Hal inilah yang menyebabkan kapasitas penyerapan pada konsentrasi 500 ppm menjadi lebih baik. Hasil percobaan menunjukkan sesuai dengan pernyataan Sukawati [12], yang mengatakan bahwa pada konsentrasi adsorbat tinggi, jarak antar partikel menjadi semakin dekat sehingga adsorbat yang diserap pun semakin banyak yang ditandai dengan kapasitas penyerapan yang tinggi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian pemanfaatan abu layang (*fly ash*) batubara untuk menyerap senyawa toksin piridin dalam media cair adalah:

- 1) Proses adsorpsi limbah sintentik yang mengandung zat toksin piridin dengan abu layang batubara dipengaruhi oleh pH dan konsentrasi awal piridin
- 2) Semakin tinggi konsentrasi awal piridin, maka semakin tinggi pula konsentrasi kesetimbangan piridin
- 3) Pengurangankadar piridin optimal pada konsentrasi tertinggi yaitu konsentrasi 500 ppm dengan efisiensi penyisihan sebesar 31,18 % dan kapasitas penyerapan adsorben sebesar 2,5812 mg/g.
- 4) Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan aktivasi *fly ash* batubara menggunakan zat pengaktif atau aktivator lain yang diharapkan mampu meningkatkan kemampuan adsorpsi.
- 5) Perlu juga dikaji pengaruh kecepatan pengadukan terhadap efisiensi penyerapan. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi pengumpalan adsorben pada kecepatan pengadukan rendah seperti yang terjadi dalam penelitian ini

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lataye, D. H, I.M. Mishra, I.D. Mall. "Removal of Pyridine from Aqueous Solution by Adsorption on Bagasse Fly Ash", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45, 3934-3938, 2006.
- [2] Baker, R.A. dan M.D. Luh. "Pyridine Sorption from Aqueous Solution by Montmorillonite and Kaolonite", *Water Res.* 5(10) (839-848), 1972.
- [3] Zhu, S., P. R. F. Bell, P. F. Greenfield, "Adsorption of Pyridine onto Spent Rundle Oil Shale in Dilute Aqueous Solution", *Water Res.* 22, 1331, 1988.
- [4] Essington, M.E, "Adsorption of Pyridine by Combusted Oil Shale", *Environ. Geol. Water Sci.* 19 (2), 83, 1922.
- [5] Lataye, D. H, I.M. Mishra, I.D. Mall, "Pyridine Sorption from Aqueous Solution by Rice Husk ASH (RHA) and Granular Activated Carbon (GAC): Parametric, Kinetic, Equilibrium, and Thermodynamic Aspect", *J. Hazard. Mater.* 154 (1-3), 858, 2008.
- [6] Mohan, D., K. P. Singh, S. Sinha, D. Gosh, "Removal of Pyridine from Aqueous Solution Using Low Cost Activated Carbons Derived from Agricultural Waste Materials", *Carbon*, 42, 2409, 2004.
- [7] Gonzo, E. E, "Adsorption of Organic Compounds on Activated Carbon Derived from Peanut Shells. Potential Theory Correlation for Estimating Adsorption Capacities and Affinity Coefficients", *Adsorpt. Sci. Technol*, 26, 237, 2003.
- [8] Akita, S. dan H. Takeuchi, "Sorption Equilibria of Pyridine Derivatives in Aqueous Solution on Porous Resins and Ion Exchanges Resins", *J. Chem. Eng. Jpn.* 26. 237, 1993.
- [9] Bouyarmane, H., S. El Asri, A. Rami, C. Roux, M. A. Mahly, A. Saoiabi, T. Coradin, et al., "Pyridine and Phenol Removal Using Natural and Synthetic Apatites as Low Cost Sorbents: Influence of Porosity and Surface Interactions", *J. Hazard. Mater.* 181. 736, 2010.
- [10] Zhao, B., H. D. Liang, D. M. Han, D. Qju, S. Q. Chen, "Asorption of Pyridine from Aqueous Solution by Surface Treated Carbon Nanotubes", *Sep. Sci. Technol*, 42, 3419, 2007.
- [11] Wardani, Retno, S.P. "Pemanfaatan Limbah Batubara (fly ash) untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan", *Jurnal: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, 2008.
- [12] Sukawati, Tri Anna, "Penurunan konsentrasi chemical oxygen demand (cod) pada air limbah laundry dengan menggunakan reactor Biosand filter diikuti dengan reaktor activated carbon", *Tugas Akhir Fakultas Teknik dan Perencanaan Jurusan Teknik lingkungan. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta*, 2008.