



## Efektivitas *Fly Ash* Sebagai Adsorben Dalam Menurunkan *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada Air Limbah *Pulp and Paper*

Irma Nurjanah<sup>1</sup>, Jalius<sup>2</sup>, Hariestya Viareco<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi  
Jambi, Indonesia

Korespondensi email: [irmaapolite116@gmail.com](mailto:irmaapolite116@gmail.com)

---

### Abstrak

*This study aims to determine the characteristics of fly ash as an adsorbent that has been activated and to determine the optimum conditions of fly ash adsorbent to reduce the COD value of pulp and paper wastewater. The characteristics of water content, ash and iodine number were tested. The quality of fly ash adsorbent is done by determining the optimum pH, mass and time. The variations of pH 4,5,6,7,8,9 and 10, mass 0.5 g, 1 g, 1.5 g, and 2 g and contact time variations are 5 minutes, 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes and 60 minutes. This research method uses experimental method with Complete Randomized Design analysis by conducting Anova test and Duncan's further test. The results showed that the test results of the characteristics of water content, ash and iodine number have met SNI 06-3730-1995 regarding technical activated charcoal. The optimum conditions obtained during adsorption consisting of optimum pH was found at pH 4 with % Removal COD as much as 18.1%, the optimum mass obtained was 1 gram with % Removal COD as much as 24.8%, while the optimum time obtained was 15 minutes with % Removal COD as much as 20.38%. The adsorption results show that the decrease in COD of pulp and paper wastewater is still not effective in accordance with PermenLH No. 5 of 2014.*

---

### Informasi Artikel

Diterima: 21 Januari 2023

Direvisi: 02 Februari 2023

Dipublikasikan: 06 Maret 2023

---

### Keywords

*Fly ash*, Adsorpsi, *Pulp and Paper*, COD

## I. Pendahuluan

Limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi *pulp* dan kertas mengandung senyawa organik dan anorganik seperti lignin yang mengakibatkan limbah berwarna hitam dan memiliki nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi (Hernaningsih, 2016). Sumber utama energi industri *pulp* dan kertas adalah energi panas dalam bentuk *steam* dan listrik. *Steam* dapat dibangkitkan dari *black liquor* dan bahan bakar lainnya seperti batubara, minyak, gas dan biomassa (Paminto *et al.*, 2020). Proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap akan menghasilkan limbah abu batubara yang dikenal dengan *fly ash*.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengoptimalkan pemanfaatan *fly ash* yang diaktivasi sebagai adsorben untuk menurunkan kadar COD atau logam berat. Kandungan *fly ash* didominasi oleh Si dan Al yang menyebabkan *fly ash* memiliki kemampuan sebagai adsorben (Kalmapuspita & Slamet, 2017). Pengaktivasi *fly ash* sebagai adsorben dilakukan oleh Naufa & Azwardi (2017) untuk meningkatkan rasio Si/Al sehingga diharapkan kapasitas adsorpsi meningkat. Pemanfaatan *fly ash* sebagai adsorben merupakan salah satu pengelolaan limbah cair secara alternatif yang menguntungkan karena biaya yang murah serta dapat ditemukan *fly ash* tersebut di industri. *Fly ash* dapat digunakan sebagai adsorben setelah melalui proses aktivasi baik secara fisik atau kimia.

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan pemanfaatan *fly ash* yang di aktivasi menggunakan HCl 1M untuk dijadikan sebagai adsorben dalam menurunkan COD air limbah *pulp and paper*. Sebelum dilakukan proses adsorpsi dilakukan proses uji karkteristik *fly ash* yang meliputi uji kadar air, kadar abu dan bilangan iodin serta uji kandungan kimia menggunakan ICP.

Proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan kondisi optimum pada air limbah yang terdiri dari pH, massa dan waktu. Data hasil penelitian di Analisa dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dilakukan uji anova dan uji lanjutan Duncan.

## II. Metodologi

Proses pengambilan sampel dilakukan di PT Lontar Papyrus *Pulp and Paper* dimana merupakan industri pulp and paper. Sampel air limbah diambil pada *inlet* IPAL PT LPPPI tepatnya di Bak Diversi serta sampel *fly ash* juga berasal dari salah satu unit boiler yang terdapat di PT LPPPI.

### 1. Uji karakteristik *Fly ash*

*Fly ash* yang telah diktivasi meggunakan HCl 1M dilakukan uji karakteristik yang meliputi uji kadar air dan abu dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Kadar air} = \frac{w_1}{w_2} \times 100\%$$

Dimana:

W1 = berat arang awal (g)

W2 = berat contoh setelah dikeringkan (g)

Adapun rumus uji daya serap iodin dilakukan degan rumus sebagai berikut :

$$\text{DSI} = \frac{10 - \frac{V \times N}{0,1} \times 12,69 \times 5}{W}$$

Dimana:

DSI = Daya Serap Iodin (mg/l)

W = Berat Sampel (gr)

V = Volume Titrasi Natrium Tiosulfat

N = Normalisasi Larutan Tiosulfat 0,1 (N)

### 2. Kondisi Optimum Adsorpsi

Kualitas adsorben *fly ash* dilakukan dengan menentukan pH optimum, massa optimum dan waktu optimum yang diperlukan untuk melakukan proses adsorpsi. Untuk

penentuan kondisi optimum yang dilakukan pada penelitian ini adalah dilakukan variasi pH 4,5,6,7,8,9 dan 10 dan variasi massa 0.5 gr, 1 gr, 1.5 gr, dan 2 gr serta variasi waktu kontak yaitu 5 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Kecepatan yang digunakan yaitu 250 rpm.

### 3. Pengujian COD

Uji (COD) mengikuti SNI 6989.2:2019 dengan refluks tertutup secara spektrofotometri

### 4. Uji Anova dan Duncan

Uji *one way* Anova bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan. Apabila terdapat perbedaan antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf signifikansi 0.05 untuk menentukan perlakuan yang paling berbeda nyata.

**Tabel 1.** Uji *one way* Anova

| Sumber Keragaman | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah                      | Fhitung g   |
|------------------|---------------|----------------|-------------------------------------|-------------|
| Perlakuan        | $t - 1$       | JKP            | $\frac{KTP}{JKP} = \frac{JKP}{dbp}$ | KTP/K<br>TG |
| Galat            | $t(r-1)$      | JKG            | $\frac{KTG}{JKG} = \frac{JKG}{dbg}$ |             |
| Total            | $tr - 1$      | JKT            |                                     |             |

## III. Hasil dan Pembahasan

### Uji Karakteristik

Pengukuran kadar air dilakukan untuk mengetahui berapa banyak kandungan air yang terdapat di *fly ash*. Tinggi rendahnya kadar air menunjukkan banyak sedikitnya air yang dapat menutup pori-pori pada adsorben. Penentuan kadar abu *fly ash* dilakukan untuk mengetahui sisa-sisa mineral dan oksida yang terdapat didalam *fly ash* yang tidak terbuang pada saat pembakaran. Penyerapan iodium dan luas permukaan *fly ash* sangat berkorelasi, semakin tinggi nilai serapan iodium maka semakin besar luas permukaan *fly ash* yang tercipta.

**Tabel 2.** Uji Karakteristik *Fly ash*

| Parameter        | Hasil        | SNI<br>06-3730-<br>1995 |
|------------------|--------------|-------------------------|
| Kadar Air        | 2,23%        | Maks. 15%               |
| Kadar Abu        | 3,9%         | Maks. 10%               |
| Daya Serap Iodin | 757.703 mg/g | Min. 750 mg/g           |

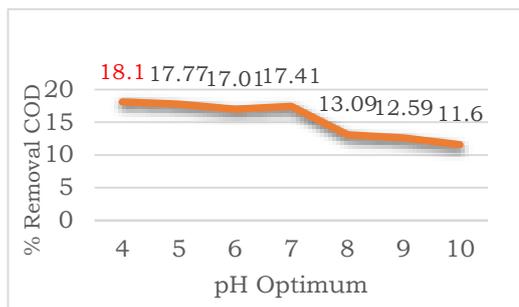
Sedangkan uji kandungan kimia yang terdapat di *fly ash* dilakukan menggunakan instrument ICP, uji dilakukan pada *fly ash* yang belum dan telah

**Tabel 3.** Komposisi Kimia Fly Ash

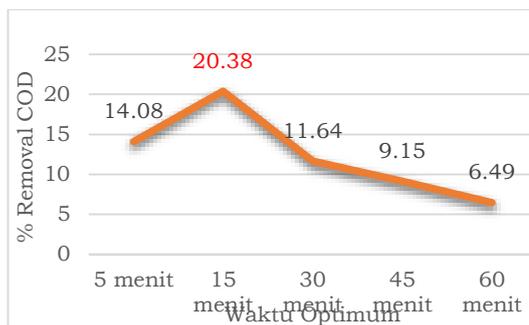
| Komponen | Sebelum (ppm) | Sesudah (ppm) |
|----------|---------------|---------------|
| Al       | 170.5         | 177.7         |
| Ca       | 19.7          | 76.3          |
| Si       | 2.9           | 23.4          |
| Mg       | 7.9           | 11.5          |
| Fe       | 106.4         | 86.8          |

### Kondisi Optimum

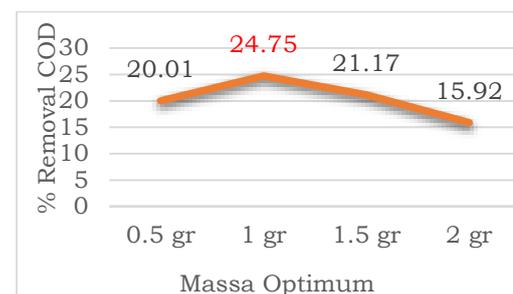
Pengujian pH optimum dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi penurunan COD dalam air limbah industri *pulp and paper* pada saat kondisi asam dan basa. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 1,2, dan 3.



**Gambar 1.** pH optimum



**Gambar 2.** Waktu Optimum



**Gambar 3.** Massa Optimum

Pada **gambar 1** menunjukkan pH paling Optimum dalam menurunkan nilai COD dalam air limbah *pulp and paper* menggunakan *fly ash* sebagai adsorben. Variasi pH 4 dengan efisiensi adsorpsi dan

% *removal* COD dalam air limbah industri *pulp and paper* yaitu sebesar 18,1%. Menurut Ahmad (2005) dalam Afrianita (2010), pada pH tinggi dengan suasana basa, kehadiran ion OH<sup>-</sup> pada suasana basa, menyebabkan meningkatnya gangguan pada proses difusi dari COD.

Pada **gambar 3** dapat dilihat bahwa penurunan % *removal* banyak pada massa yang melebihi 1 gr. Pada masa 0.5 gr merupakan massa yang sedikit sehingga pori-pori atau rongga untuk menampung konsentrasi COD masih belum tercukupi, namun pada saat massa ditambahkan sebanyak 1.5 dan 2 gr nilai Removal COD menjadi turun.

Penelitian yang dilakukan Rahmawati (2013) juga melakukan variasi massa dalam menurunkan COD pada limbah cair laboratorium menggunakan *fly ash* batubara, dimana kondisi massa pada saat penambahan 2 gr dan 3 gr mengalami penurunan *removal* COD hal tersebut disebabkan terjadinya penggumpalan adsorben sehingga permukaan adsorben tertutup. Hal ini menyebabkan berkurangnya luas permukaan aktif dari adsorben sehingga proses penyerapan tidak efektif yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas penyerapan.

Berdasarkan **gambar 2** menunjukkan pada waktu kontak 5 menit masih tersedia pori-pori adsorben yang belum terisi dengan adsorbat, sehingga pada saat terjadi penambahan waktu kontak masih terdapat menyerap adsorbat yang dapat terserap ke dalam adsorben. Waktu kontak optimum terjadi pada waktu 15 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 20,38 %. Penurunan penyerapan COD dalam air limbah industri *pulp and paper* terjadi pada waktu memasuki 30 menit dengan %*removal* penyerapan COD oleh adsorben sebesar 11,64%, penyerapan terus menurun seiring dengan penambahan waktu kontak.

Penurunan penyerapan COD pada air limbah industri *pulp and paper* terjadi pada 30 menit, 45 menit dan 60 menit ini terjadi karena proses desorpsi yaitu proses adsorpsi telah mengalami kesetimbangan pada % *Romoval* yaitu 20%.

#### Uji RAL

5. Uji Anova data % *Removal* COD adsorpsi air limbah *pulp and paper* menggunakan *fly ash* (Variasi Massa)

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Between Groups | 86.192         | 3  | 28.731      | 50.884 | .000 |
| Within Groups  | 4.517          | 8  | .565        |        |      |
| Total          | 90.709         | 11 |             |        |      |

**Gambar 4.** Anova variasi pH

8. Uji Anova data % *Removal* COD adsorpsi air limbah *pulp and paper* menggunakan *fly ash* (Variasi Waktu)

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | 320.822        | 4  | 80.205      | 405.693 | .000 |
| Within Groups  | 1.977          | 10 | .198        |         |      |
| Total          | 322.799        | 14 |             |         |      |

**Gambar 5.** Anova variasi Massa

2. Uji Anova data % *Removal* COD adsorpsi air limbah *pulp and paper* menggunakan *fly ash* (Variasi pH)

|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|------|
| Between Groups | 105.769        | 6  | 17.628      | 103.954 | .000 |
| Within Groups  | 2.374          | 14 | .170        |         |      |
| Total          | 108.143        | 20 |             |         |      |

**Gambar 6.** Anova variasi Waktu

#### IV. KESIMPULAN

Hasil Uji Karakteristik *Fly Ash* Berupa Kadar Air yaitu sebesar 0.2%, Kadar Abu 3,9% dan Daya serap iodin 757.7 mg/g dimana nilai tersebut sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 Mengenai Arang Aktif Teknis. pH optimum

menggunakan *fly ash* teraktivasi yang dapat digunakan pada proses adsorpsi limbah cair *influent (Diversion Tank)* Industri *Pulp and Paper* yaitu pada pH 4 dengan % *removal* COD sebesar 18.1% untuk massa optimum yang dapat digunakan yaitu sebanyak 1gram dengan % *removal* COD sebanyak 24.75%, sedangkan untuk waktu optimum yang telah menghasilkan % *removal* tertinggi yaitu sebanyak 20.38% selama 15 menit. Dilakukan variasi konsentrasi pada aktivator untuk mendapatkan kualitas adsorben yang lebih baik. Perlu dilakukan uji parameter kualitas limbah lain untuk mengetahui apakah adsorben dapat menurunkan nilai parameter selain COD. Dilakukan pengujian pada air limbah limbah lain (industri batik, industri sawit) untuk mengetahui apakah adsorben dapat menyerap COD lebih tinggi.

#### References

- [1] Afrianita, R., Fitria, D., Sari, P. R., Teknik, J., & Universitas, L. (2010). Pemanfaatan Fly Ash Batubara sebagai Adsorben dalam Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dari Limbah Cair Domestik. *Teknik A, 1* (33), 81–93.
- [2] Hernaningsih, T. (2016). Tinjauan Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Dengan Proses Elektrokoagulasi. *Jurnal BPPT*, 31-46.
- [3] Naufa, M., & Azwardi. (2017). *Karakterisasi Dan Pembuatan Adsorben Dari Fly Ash PT. Evergreen Internasional Paper. 12* (24), 49–54.
- [4] Paminto, A. K., Surya Sitorus, R., Firmansyah, R., & Sahari Laili, N. (2020). Kajian Efisiensi Energi di Industri Pulp dan Kertas. *Jurnal Energi Dan Manufaktur, 13*(1), 1.