

## EFEKTIFITAS FLY ASH BATUBARA SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENURUNKAN PARAMETER BOD, COD DAN KADAR Fe, Mn, DAN Zn PADA AIR LINDI TPA BLANG BINTANG, ACEH BESAR

*(Effectiveness Of Coal Fly Ash As Adsorbent In Reducing Parameters Of BOD, COD And Levels Of Fe, Mn, And Zn In Leachate Water At Blang Bintang TPA, Aceh Besar)*

Irhamni<sup>1\*)</sup>, Yeggi Darnas<sup>2)</sup>, Dona Ambia<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Teknik, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh, Aceh

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh, Aceh

---

### Article Info:

Received: 02 November 2021

Accepted: 28 Desember 2021

### Keywords:

Adsorption, fly ash, leachate

### Corresponding Author:

Irhamni

Fakultas Teknik, Universitas  
Serambi Mekkah, Banda Aceh,  
Aceh, 23247

Email:

[irhamni@serambimekkah.ac.id](mailto:irhamni@serambimekkah.ac.id)

**Abstrak**, proses penimbunan yang terus menerus di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Blang Bintang Aceh Besar menghasilkan polutan berupa lindi. Kadar pencemar yang terkandung dalam lindi khususnya kandungan logam dapat diolah dengan menggunakan abu layang batubara sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kemampuan adsorben dalam menyerap polutan pada lindi berupa BOD, COD, Fe, Mn dan Zn. Adsorben yang digunakan dalam penelitian ini adalah fly ash batubara yang telah dipirolysis pada suhu 110oC dimodifikasi menjadi ukuran nano dengan larutan asam sulfat teraktivasi. Adsorben yang diperoleh diuji kapasitas dan efektivitas adsorpsinya terhadap penyerapan BOD, COD, Fe, Mn dan Zn dengan variasi massa (35 gr, 50 gr, 65 gr, 80 gr, dan 100 gr) dan kecepatan pengadukan 300 rpm dengan waktu kontak 60 menit. Konsentrasi awal BOD, COD, Fe, Mn dan Zn adalah 162 mg/L, 1.405 mg/L, 6,8 mg/L, 2,1 mg/L, dan 5,03 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran adsorben, dan variasi massa mempengaruhi kapasitas dan efektivitas adsorpsi. Pada massa optimum 100 gr/L, efektivitas Mn sebesar 98,09%, Zn sebesar 97,41%, Fe sebesar 97,20%, BOD sebesar 78,39% dan COD sebesar 14,80%. Hasil pengujian keempat parameter yaitu BOD, Fe, Mn dan Zn sesuai dengan baku mutu lindi, sedangkan pengujian parameter COD belum memenuhi baku mutu yang ditentukan.

**Abstract**, the continuous landfilling process at the Blang Bintang Final Disposal Site (TPA) in Aceh Besar produces pollutants in the form of leachate. The levels of pollutants contained in leachate, especially metal content, can be treated by using coal fly ash as an adsorbent. This study aims to see the ability of the adsorbent to absorb pollutants in leachate in the form of BOD, COD, Fe, Mn and Zn. The adsorbent used in this research is coal fly ash that has been pyrolyzed at a temperature of 110°C modified to nano size by activated sulfuric acid solution. The adsorbent obtained was tested for its adsorption capacity and effectiveness on the absorption of BOD, COD, Fe, Mn and Zn with variations in mass (35 gr, 50 gr, 65 gr, 80 gr, and 100 gr) and stirring speed of 300 rpm with a contact time of 60 minutes. The initial concentrations of BOD, COD, Fe, Mn and Zn were 162 mg/L, 1,405 mg/L, 6.8 mg/L, 2.1 mg/L, and 5.03 mg/L. The results showed that the size of the adsorbent, and the mass variation affected the adsorption capacity and effectiveness. At the optimum mass of 100 gr/L, the effectiveness of Mn is 98.09%, Zn is 97.41%, Fe is 97.20%, BOD is 78.39% and COD is 14.80%. The test results for the four parameters, namely BOD, Fe, Mn and Zn, were in accordance with the leachate quality standards, while the testing for COD parameters did not meet the specified quality standards.

## PENDAHULUAN

Pemerintahan Aceh Besar meliputi wilayah seluas 2.903 km<sup>2</sup> yang meliputi 23 kecamatan dengan jumlah 604 desa yang tersebar dan kepadatan penduduk 425.216 jiwa/km<sup>2</sup> (BPS Kabupaten Aceh Besar Tahun 2019), sehingga setiap kepala keluarga menghasilkan 1,5 kg sampah/hari. Pada Januari hingga Oktober 2020, sampah Kabupaten Aceh Besar mencapai 21.067 ton. Untuk meminimalisir penumpukan sampah di Kabupaten Aceh Besar, pemerintah mengeluarkan Kebijakan Qanun Nomor 8 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Sampah. Pengelolaan sampah diatur dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, yang menekankan perlunya mengubah pola pengelolaan sampah yang ada menjadi pengelolaan sampah mengikuti pengurangan dan pengelolaan sampah (Yulia, 2020).

Air lindi merupakan sifat cair yang muncul selama proses penguraian sampah dan memiliki bau yang sangat menyengat. Lindi mengandung zat beracun, terutama jika berasal dari limbah yang bercampur dengan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Tanpa penanganan khusus, lindi dangkal dapat mencemari air tanah dangkal, sungai dan sumur. Pada umumnya lindi tidak hanya mengandung senyawa organik dan anorganik, tetapi juga unsur logam berat yang banyak terdapat dalam lindi: arsenik, besi, kadmium, kromium, merkuri, nikel, seng, tembaga dan timbal (Maramis et al., 2006). *Fly ash* batubara juga merupakan limbah industri yang dihasilkan ketika proses batubara dibakar dan terdiri dari partikel-partikel halus. Prospek *fly ash* batubara perlu diubah karena memiliki peluang yang berpotensi untuk digunakan sebagai adsorben yang murah. Jadi *fly ash* batubara tidak hanya menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan, tetapi juga berguna dalam memerangi polutan seperti Fe dan Mn dengan mengubahnya menjadi adsorben (Wardani, 2008).

Pengolahan limbah cair dengan proses adsorpsi merupakan salah satu cara alternatif karena menggunakan teknologi yang sederhana dan sesuai untuk pengolahan limbah cair. Diperlukan penggunaan adsorben yang murah dan ramah lingkungan untuk menekan biaya proses adsorpsi. Sejauh persyaratan untuk adsorben yang bersangkutan, harus memiliki permukaan adsorben yang besar, volume internal yang besar, yang ditunjukkan oleh porositas (Naldi, FS, 2020). Metode aktivasi dapat dibagi menjadi aktivasi fisik dan aktivasi kimia. Aktivasi fisik adalah metode yang dilakukan dengan melewati uap atau udara bertemperatur tinggi melalui reaktor yang sebelumnya telah dikarbonisasi pada temperatur tinggi (800-900 °C). Pada saat yang sama, aktivasi kimia dilakukan dengan menambahkan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), seng klorida (ZnCl<sub>2</sub>), magnesium karbonat (MgCO<sub>3</sub>), natrium karbonat (NaCO<sub>3</sub>), kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>), natrium klorida (NaCl) dan bahan kimia lainnya zat atau komponen aktivasi untuk aktivasi kimia Natrium Hidroksida (NaOH) dan lain-lain.

## METODOLOGI

Penelitian dilakukan di beberapa lokasi yaitu: (1) Sampel air lindi diambil pada kolam *reed bed* TPA Regional Blang Bintang Kabupaten Aceh Besar. Pemilihan lokasi pengambilan sampel air lindi di TPA Blang Bintang dikarenakan kondisi air lindi pada bagian outlet tersebut terindikasi polutan yang melebihi baku mutu seperti BOD, COD, kadar logam Fe, Mn dan Zn serta berwarna gelap sehingga harus dilakukan pengolahan agar tidak mencemari air permukaan dan tanah di sekitar. Kondisi air lindi dapat dilihat pada Gambar 1. (2) Lokasi pemeriksaan awal parameter air lindi dilakukan di Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan USK. (3) Tempat pengambilan *fly ash* batubara di *outlet silo* PLTU Nagan Raya. (4) Lokasi produksi hasil pemanfaatan dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. (5) Lokasi pemeriksaan parameter air lindi setelah perlakuan dilakukan di Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi serta di Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan USK. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, mortar, ayakan 100 *mesh*, neraca analitik, spatula, gelas kimia 500 ml, kertas saring, *hot plate stirrer magnetic*, jar test, labu ukur 1000 ml dan gelas ukur 250 ml. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aquades, *fly ash* batubara, asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), kalium dikromat (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), sampel air lindi.

### a. Pembuatan dan aktivasi Adsorben Fly Ash Batubara

*Fly ash* sebanyak 500 gram dicuci menggunakan aquades. Selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 3 jam. Setelah dikeringkan, *fly ash* dihancurkan sampai halus menggunakan lumpang dan alu. Kemudian padatan yang telah halus dihomogenkan dan diayak dengan menggunakan ayakan ukuran 100 *mesh*. Diambil dan ditimbang *fly ash* seberat 330 gram dan dimasukkan ke dalam alat labu bulat ukuran 500 ml dan diaktivasi dengan larutan asam sulfat 1000 ml yang telah pengenceran 2%.

Campuran tersebut dihomogenkan pada suhu 60 °C selama 120 menit dengan bantuan *Hot Plate Stirrer* SB162-3. Selanjutnya *fly ash* disaring dan dicuci kembali menggunakan aquades hingga pH filtrat menjadi netral. Kemudian baru dikeringkan lagi dalam oven dengan suhu 110 °C selama 1 jam.

#### **b. Proses Adsorpsi Polutan Terhadap Air Lindi Dengan Adsorben *Fly Ash* Batubara**

Dimasukkan sampel air lindi pada enam gelas kimia masing-masing sebanyak 500 ml. Pada gelas kimia I tidak ditambahkan adsorben *fly ash* sebagai kontrol. Sedangkan pada gelas kimia II, III, IV, V dan VI ditambahkan adsorben *fly ash* sebanyak 35 gr, 50 gr, 65 gr, 80 gr dan 100 gr berturut-turut. Dilakukan pengadukan menggunakan *jar test* dengan pengatur kecepatan maksimal 300 rpm selama 60 menit. Selanjutnya sampel didiamkan selama 120 menit untuk proses pengendapan. Kemudian dilakukan penyaringan pada larutan dengan kertas saring *Whatman* No.41 untuk memisahkan residu dan filtratnya dan dilakukan analisa laboratorium.

Untuk menentukan apakah *fly ash* batubara dapat efektif dijadikan sebagai adsorben polutan terhadap parameter COD, BOD, Fe, Mn dan Zn pada air lindi dan mengetahui efektivitas penyerapan adsorben yang telah diaktivasi melalui pengujian di laboratorium dapat ditentukan dengan rumus:

$$\text{Efektivitas Penyerapan (\%)} = \frac{[x]_{\text{awal}} - [x]_{\text{akhir}}}{[x]_{\text{awal}}} \times 10 \quad (1)$$

Dimana:

[x] Awal = Konsentrasi awal polutan (mg/L)

[x] Akhir = Konsentrasi polutan (mg/L) saat setelah proses penyerapan

Analisa selanjutnya yaitu analisa data menggunakan persamaan regresi linear sederhana yang merupakan suatu model matematika yang diperuntukkan mendeskripsikan atribut data melalui pengaruh antara variabel bebas (massa adsorben) dan variabel terikat (parameter BOD, COD, Fe, Mn dan Zn) yang bersifat numerik, untuk melakukan pengendalian (kontrol) terhadap suatu kasus atau hal-hal yang sedang diamati melalui penggunaan model regresi yang diperoleh dan juga dapat digunakan untuk melakukan prediksi pada variabel terikat (Tawa, B. D dkk., 2018).

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini menggunakan *fly ash* batubara sebagai alternatif adsorben untuk menurunkan polutan pada pengolahan air lindi di TPA Blang Bintang. Sebelumnya *fly ash* batubara dilakukan pengaktifan dengan larutan asam sulfat untuk membuka dan memperbesar pori-pori sehingga sangat berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Sebelum dilakukan pengolahan, sampel air lindi dianalisis terlebih dahulu untuk mengetahui kadar awal parameter BOD, COD, kadar logam Fe, Mn dan Zn. Hasil uji tersebut dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 59 Tahun 2016 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014, air lindi bagian outlet TPA Blang Bintang terbukti masih tercemar dikarenakan nilai pengujian melebihi dari baku mutu yang telah ditetapkan (tabel 1). Sedangkan pada (gambar 1) menunjukkan kondisi air lindi sebelum proses perlakuan dan hasil pembuatan adsorben *fly ash* batubara dan pengaktifan dengan larutan asam sulfat dan dapat dilihat bahwa penampakan fisik ukuran partikel lebih kecil dan halus.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Kondisi Air Lindi sebelum proses perlakuan, (b) Penampakan fisik adsorben *fly ash* batubara setelah pengaktifan dengan asam sulfat

Maka untuk mengurangi konsentrasi polutan yang melebihi baku mutu parameter BOD, COD, kadar logam Fe, Mn dan Zn pada air lindi dilakukan proses pengolahan dengan metode adsorpsi agar aman untuk dibuang kembali ke permukaan tanah. Proses adsorpsi akan dilakukan dengan menggunakan adsorben dari limbah *fly ash* batubara yang telah diaktifkan. Dari penelitian yang telah dilakukan mengenai pemanfaatan limbah *fly ash* batubara sebagai adsorben terhadap polutan pada air lindi TPA Blang Bintang, maka didapatkan data secara keseluruhan (tabel 2). Parameter *Biological Oxygen Demand (BOD)* terus mengalami penurunan pada massa adsorben yang lebih besar yaitu 65 g/L, 80 g/L dan 100 g/L mampu melakukan penyisihan sangat signifikan karena jumlah massa adsorben yang tinggi memperbanyak jumlah pori-pori untuk penyerapan kadar BOD ke permukaan adsorben. Menurut Rosyida, A. (2011) dari hasil penelitiannya juga memberikan penjelasan tentang kemampuan adsorben dari *fly ash* batubara yaitu dengan pembakaran batubara pada suhu tinggi (1100-1400 °C) menyebabkan kehilangan elemen pada batubara seperti bahan volatil air hidrat dan CO<sub>2</sub> dari mineral karbonat. Peristiwa inilah yang membuat *fly ash* memiliki pori-pori mikro yang jumlahnya lebih banyak daripada pori-pori makro yang berukuran lebih besar. Selain itu kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) pada *fly ash* dapat menarik dan mengadsorpsi senyawa pencemar dalam air limbah sehingga penurunan nilai BOD menjadi sangat optimal.

**Tabel 1.** Hasil Analisa Awal Terhadap Sampel Air Lindi TPA Blang Bintang

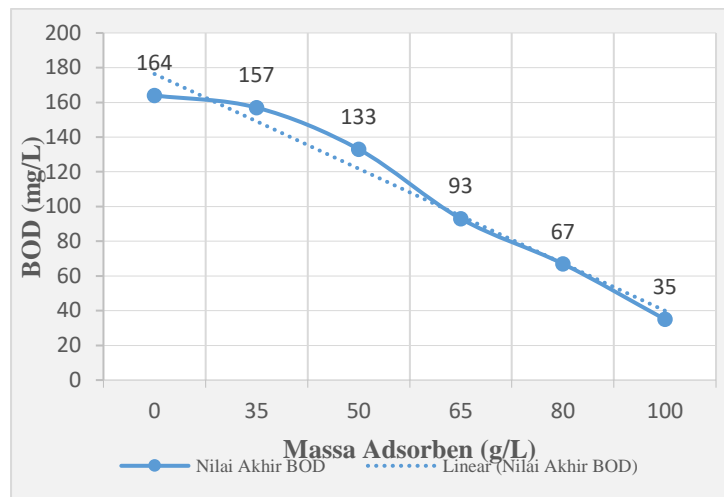
| No. | Parameter Uji                   | Satuan | Baku Mutu | Hasil Analisa |
|-----|---------------------------------|--------|-----------|---------------|
| 1.  | Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) | mg/L   | 150       | 162           |
| 2.  | Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)   | mg/L   | 300       | 1.405         |
| 3.  | Fe                              | mg/L   | 5         | 6,8           |
| 4.  | Mn                              | mg/L   | 2         | 2,1           |
| 5.  | Zn                              | mg/L   | 5         | 5,03          |

(Sumber: Data Hasil Uji LTPKL-USK)

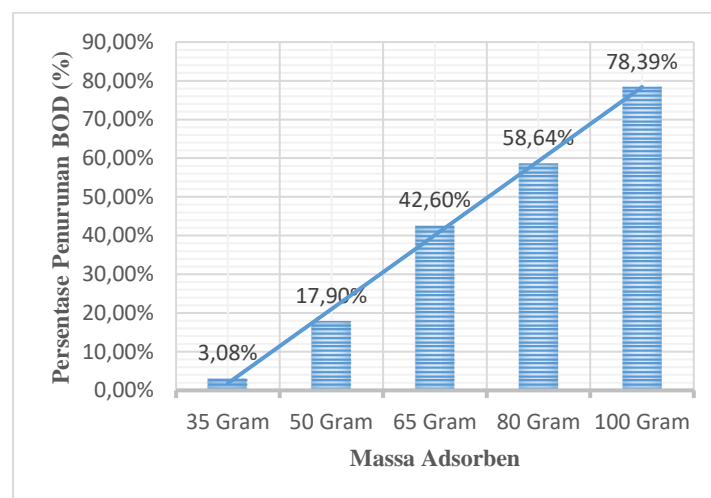
**Tabel 2.** Hasil Penyerapan Polutan dengan Adsorben *Fly Ash* Batubara

| No | Parameter | Konsentrasi Awal | Variasi Massa (Gram) | Konsentrasi Akhir |
|----|-----------|------------------|----------------------|-------------------|
| 1  | BOD       | 162              | 35                   | 157               |
|    | COD       | 1.405            |                      | 1.322             |
|    | Fe        | 6,8              |                      | 1,06              |
|    | Mn        | 2,1              |                      | 1,49              |
|    | Zn        | 5,03             |                      | 1                 |
| 2  | BOD       | 162              | 50                   | 133               |
|    | COD       | 1.405            |                      | 1.338             |
|    | Fe        | 6,8              |                      | 1,68              |
|    | Mn        | 2,1              |                      | 1,28              |
|    | Zn        | 5,03             |                      | 0,96              |
| 3  | BOD       | 162              | 65                   | 93                |
|    | COD       | 1.405            |                      | 1.301             |
|    | Fe        | 6,8              |                      | 0,28              |
|    | Mn        | 2,1              |                      | 0,45              |
|    | Zn        | 5,03             |                      | 0,93              |
| 4  | BOD       | 162              | 80                   | 67                |
|    | COD       | 1.405            |                      | 1.323             |
|    | Fe        | 6,8              |                      | 0,34              |
|    | Mn        | 2,1              |                      | 0,19              |
|    | Zn        | 5,03             |                      | 1,29              |
| 5  | BOD       | 162              | 100                  | 35                |
|    | COD       | 1.405            |                      | 1.197             |
|    | Fe        | 6,8              |                      | 0,19              |
|    | Mn        | 2,1              |                      | 0,04              |
|    | Zn        | 5,03             |                      | 0,13              |

Dalam penelitian ini pada massa sampel 500 mg/L dan pengatur kecepatan maksimal 300 rpm dengan waktu kontak 60 menit memiliki penurunan yang efektif pada massa 100 g/L, perbedaan massa adsorben *fly ash* batubara memberikan pengaruh pada penurunan parameter BOD karena adanya proses adsorpsi. Juga didukung dengan analisis regresi linear sederhana yang menunjukkan nilai sig pada perlakuan adalah dibawah probabilitas ( $0,004 < 0,05$ ) yang berarti menunjukkan adanya pengaruh yang dihasilkan oleh adsorben terhadap sampel.



(a)



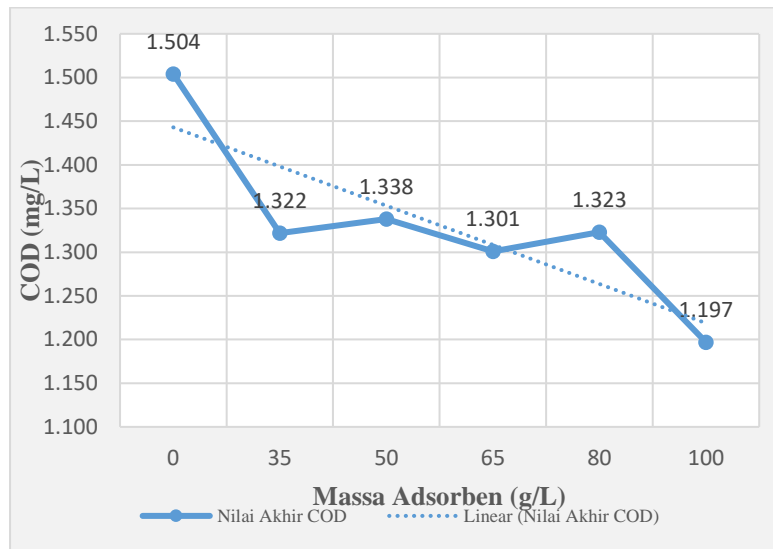
(b)

Gambar 2. (a) Grafik pengaruh massa, (b) efektivitas adsorben terhadap penurunan BOD.

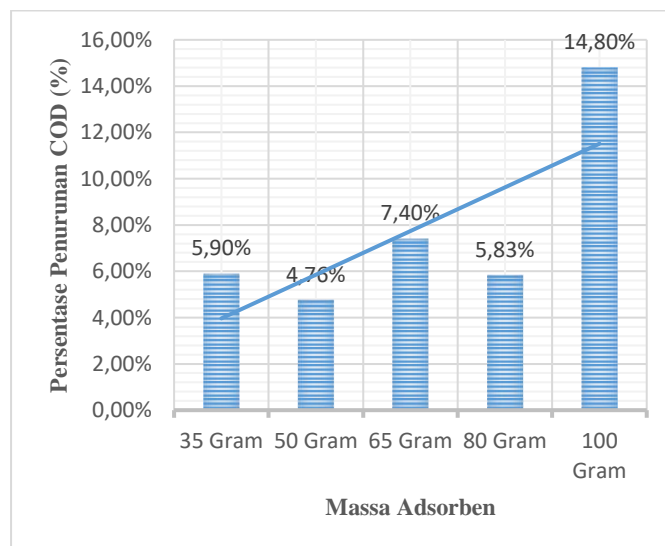
Pada massa adsorben 35 g/L kadar COD berada pada kadar 1.322 mg/L dan mengalami kenaikan pada massa 50 g/L menjadi 1.338 mg/L. Selanjutnya penyisihan tetap berlanjut dimana pada massa 65 g/L kadar COD mengalami penurunan nilai kembali menjadi 1.301 mg/L, kemudian mengalami penurunan nilai yang sangat signifikan pada massa 100 g/L menjadi 1.197 mg/L.. Menurut Cahyono dkk. (2012) menyatakan bahwa penyebab kenaikan dan penurunan pada proses penyerapan COD juga dipengaruhi oleh massa dan waktu pengadukan yang menjadi faktor penting karena semakin lama waktu pengadukan dalam adsorpsi maka persentase penyisihan COD semakin meningkat. Dikarenakan pada proses ini menggunakan waktu dan kecepatan tunggal yaitu 300 RPM/60 dapat dijelaskan bahwa waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat berangsur lama, maka kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi semakin besar sehingga banyak senyawa COD yang teradsorpsi. Itu terlihat pada massa adsorben 100 g/L yang mampu menurunkan nilai COD lebih banyak daripada variasi massa sebelumnya, faktor penyebabnya adalah penambahan massa adsorben akan meningkatkan jumlah total luas permukaan dan jumlah pori yang digunakan untuk mengikat adsorbat dalam proses adsorpsi. Dan sebaliknya kemampuan adsorben dalam menyisihkan COD mengalami pelemahan yang ditunjukkan pada massa 50 g/L dan 80/L dikarenakan *fly ash* sudah jenuh dan sudah mencapai batas optimum dalam penyerapan. Hal ini juga disebabkan oleh pori-pori media *fly ash* yang berkurang kemampuannya dalam menyerap COD dikarenakan pada waktu penyerapan sebelumnya pori-pori *fly ash* tertutup oleh setiap lapisan molekul yang terbentuk dan menghalangi lapisan permukaan sebelumnya.

Hal ini dipengaruhi karena konsentrasi COD pada air lindi 500 ml masih sangat besar dan tidak sebanding dengan jumlah massa yang diuji, sehingga permukaan adsorben tidak kuat untuk menyerap dan

menampung semua secara keseluruhan dan mengakibatkan proses adsorpsi tidak maksimal dan mengalami kejenuhan. Secara analisis yang dilakukan dengan menggunakan linear sederhana menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang dihasilkan oleh adsorben karena nilai sig dibawah nilai probabilitas yaitu ( $0,011 < 0,05$ ). Artinya untuk menurunkan kadar COD dibutuhkan massa adsorben yang lebih tinggi daripada batas optimum 100 g/L.

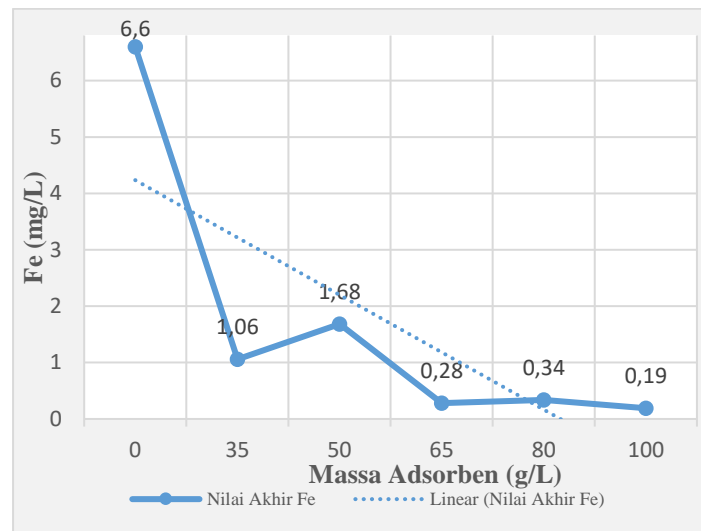


(a)

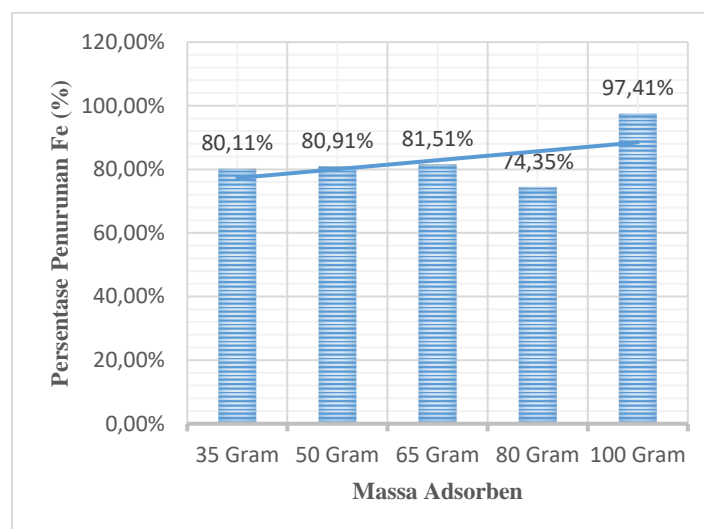


Gambar 3. (a) Grafik pengaruh massa, (b) efektivitas adsorben terhadap penurunan COD

Kenaikan dan penurunan kadar Fe bervariasi dengan penambahan massa adsorben *fly ash* batubara karena konsentrasi Fe yang terserap pada permukaan adsorben lebih besar dibandingkan konsentrasi yang tersisa dalam larutan. Menurut Irawan dkk. (2015), menyatakan perbedaan konsentrasi tersebut disebabkan oleh ion  $Fe^{2+}$  yang sudah terikat pada adsorben *fly ash* batubara mengalami teradsorpsi kembali ke dalam larutan sehingga penyisihan menjadi tidak optimal sedangkan pada massa adsorben 65 g/L mampu menurunkan nilai Fe menjadi 0,28 mg/L dan massa 100 g/L adalah 0,19 mg/L. Berdasarkan data di atas menunjukkan bahwa kemampuan adsorben dari *fly ash* batubara sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar Fe pada air lindi TPA Blang Bintang, dan didukung dengan hasil regresi linear sederhana yang menunjukkan nilai sig ( $0,029 < 0,05$ ) yang berarti adanya hubungan antara kemampuan adsorben terhadap penurunan.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Grafik pengaruh massa, (b) efektivitas adsorben terhadap penurunan Fe.

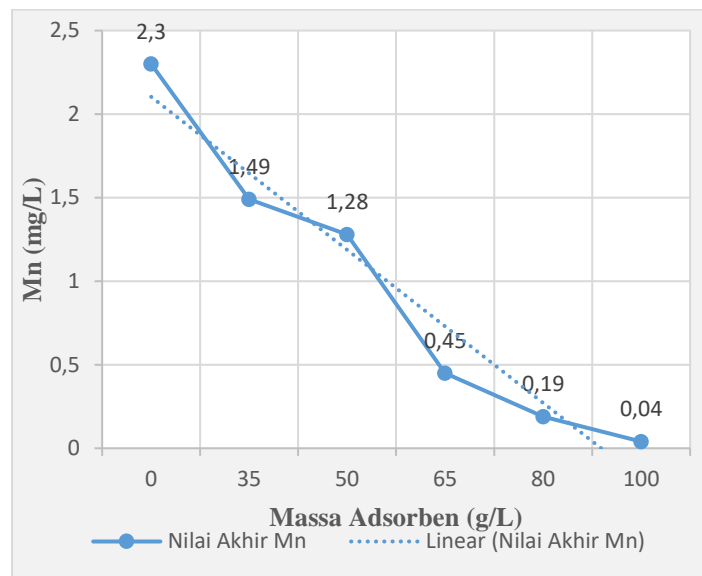
Penurunan nilai Mn terjadi pada massa 100 g/L menjadi 0,04 mg/L yang merupakan angka penurunan yang optimum. Kemampuan adsorben *fly ash* batubara semakin meningkat dikarenakan permukaan material memiliki diameter yang lebih kecil yaitu dengan ukuran penyaringan 100 mesh dengan ukuran partikel 149  $\mu\text{m}$  sehingga mempunyai tingkat penyerapan lebih besar dibandingkan dengan diameter adsorben yang lebih besar. Hal ini menyangkut luas area permukaan adsorben yang tersedia untuk dapat berinteraksi dengan substansi yang terdapat pada larutan. Menurut Afrianita & Dewilda (2013) juga menyatakan penyerapan dari material yang mempunyai ukuran partikel lebih kecil dapat mengadsorpsi substansi lebih banyak bila dibandingkan dengan partikel berukuran lebih besar.

Pada massa 35 g/L kemampuan adsorben mencapai batas optimal dengan efektivitas 29,04% dan pada massa 50 g/L adalah 39,04%, yang menunjukkan bahwa kemampuan adsorben pada massa rendah ini cepat mengalami kejenuhan dengan nilai persentase penyerapan dibawah 50%. Dikarenakan kadar logam telah menutupi pori-pori permukaan adsorben dan juga dipengaruhi oleh waktu kontak yang membuat adsorben akan menjadi jenuh. Setelah penambahan massa tinggi dari 65 g/L, 80 g/L dan 100 g/L persentase penyerapan ion logam Mn mengalami kenaikan dengan batas optimal 98,09% yang berarti semakin tinggi massa yang diberikan menjadi peluang untuk adsorben meningkatkan kemampuannya dalam penyerapan polutan.

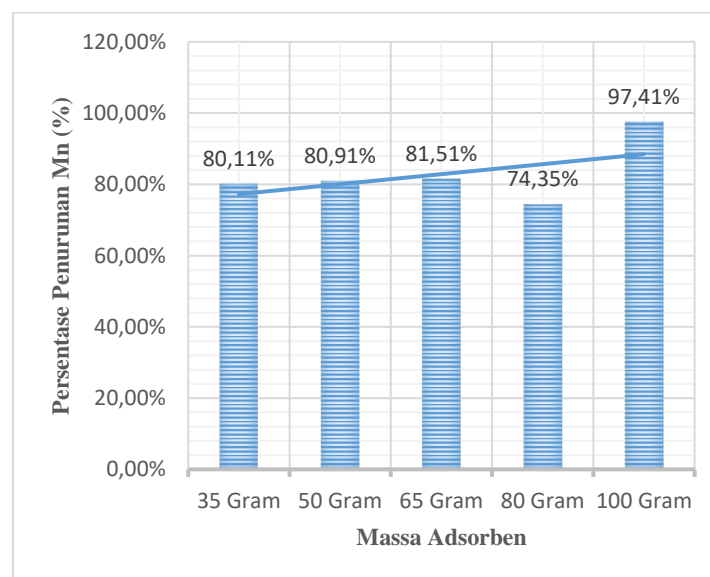
Hasil uji regresi linear sederhana menunjukkan variabel massa berpengaruh terhadap adsorpsi Mn (nilai sig 0,001<0,05). Dengan perlakuan tersebut, maka diketahui bahwa adsorben merupakan adsorben



paling efektif dalam penurunan ion logam, khususnya Mn. Hasil ini menguatkan Risna, F (2019) yang menyatakan bahwa kandungan Mn mengalami penurunan dengan menggunakan penyaringan dari batubara dan kombinasi tempurung kemiri dengan penurunan sekitar 69,38%. Karena pada batubara adalah batuan sedimen yang terbentuk secara kimia dan fisika yang heterogen dan mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen dan oksigen sebagai unsur utama dan unsur tambahan adalah belerang.



(a)



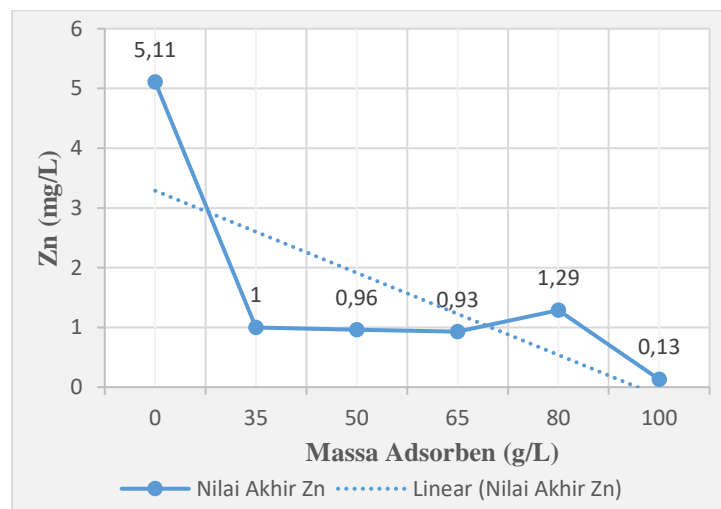
(b)

Gambar 5. (a) Grafik pengaruh massa, (b) efektivitas adsorben terhadap penurunan Mn.

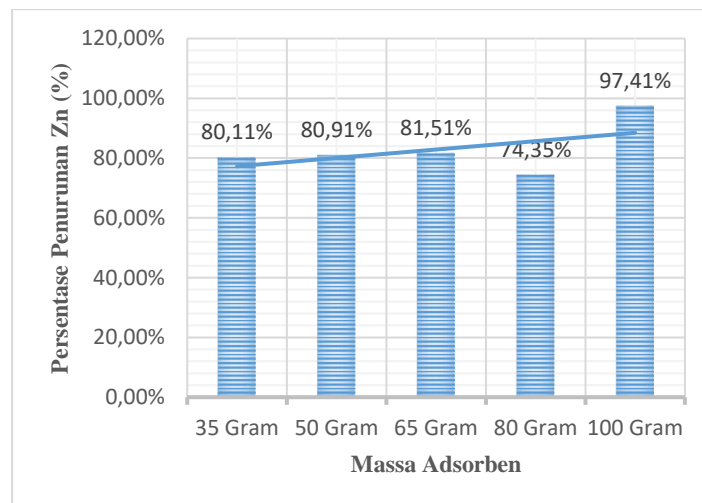
Pada massa 100 g/L adsorben *fly ash* batubara mampu menurunkan konsentrasi Zn menjadi 0,13 mg/L sehingga menguatkan penelitian dari Naldi & Lisha bahwa semakin tinggi massa yang ditambahkan akan meningkatkan kemampuan adsorben dalam menurunkan kadar polutan. Dengan pengaktifan juga mampu meningkatkan kemampuan *fly ash* batubara selain membuka pori-pori pada permukaan partikel, juga menurut Faradilla dkk. (2016) menyatakan bahwa dengan aktivasi meningkatkan kandungan silika (Si) dan menurunkan kandungan aluminium (Al) yang berarti rasio Si/Al meningkat. Semakin besar rasio Si/Al maka adsorben bersifat hidrofobik, artinya pori-pori pada adsorben lebih tidak suka air (cenderung kering), maka adsorben memiliki daya adsorpsi tinggi pada senyawa karbon dan logam. Selain itu rasio Al/Si yang tinggi menyebabkan adsorben memiliki lebih banyak pusat aktif dengan keasaman tinggi dalam melakukan adsorpsi.

Adsorben berhasil menurunkan Zn pada massa awal 35 g/L dengan persentase 80,11%. Kemampuan adsorben dalam menurunkan Zn mengalami kenaikan pada massa 50 g/L dengan persentase 80,91% dan dilanjutkan dengan kenaikan pada massa 65 g/L dengan 81,51% persen mengabsorpsi polutan. Massa 65 g/L lebih tinggi dari pada awal massa pertama ditambahkan, dan mengalami penurunan kemampuan pada massa 80 g/L dengan 74,35%. Hal ini disebabkan pada massa 80 g/L adsorben telah jenuh sehingga penyerapannya tidak lagi optimal dan dipengaruhi oleh kontak pengadukan yang menyebabkan pelepasan kembali logam Zn yang telah diserap sehingga konsentrasi Zn menjadi naik dan menurunkan kemampuan adsorben.

Dengan nilai persentase penyerapan dari adsorben *fly ash* batubara menunjukkan bahwa penggunaan tersebut mampu dan efektif terhadap penurunan kadar Zn pada air lindi TPA Blang Bintang. Hasil ini juga didukung dengan mengukur kemampuan adsorben dengan regresi linear sederhana dengan hasil (nilai sig  $0,043 < 0,05$ ) yang berarti adanya pengaruh dari penambahan massa adsorben terhadap penurunan kadar Zn dengan nilai akhir setelah perlakuan dibawah baku mutu dengan nilai optimum pada massa 100 g/L dengan persentase 97,41%.



(a)



(b)

Gambar 6. (a) Grafik pengaruh massa, (b) efektivitas adsorben terhadap penurunan Zn.

## KESIMPULAN

Massa optimum adsorben *fly ash* batubara untuk penurunan polutan pada air lindi TPA Blang Bintang adalah di 100 g/L dengan nilai akhir BOD (35 mg/L), Fe (0,19 mg/L), Mn (0,04 mg/L), Zn (0,13 mg/L) yang sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 59 tahun 2016 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 tahun 2014. Sedangkan nilai COD tetap melebihi baku mutu

setelah perlakuan. Efektivitas penurunan polutan BOD, COD, Fe, Mn dan Zn dengan kemampuan adsorben *fly ash* batubara dalam pengolahan air lindi TPA Blang Bintang adalah 98,09% (Mn), 97,41% (Zn), 97,20% (Fe), 78,39% (BOD) dan 14,80% (COD) pada massa optimum 100 g/L. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif dalam pemanfaatan *fly ash* batubara yang dihasilkan oleh PLTU Nagan Raya. Diperlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan efektivitas kemampuan adsorben terhadap polutan COD dalam pengolahan air lindi TPA Blang Bintang.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Yulia, R. M. (2020). *Efektivitas Pengelolaan Sampah Oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Aceh Besar* (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry).
- Maramis, A. A., Kristijanto, A. I., & Notosoedarmo, S. (2006). Sebaran Logam Berat dan Hubungannya dengan Faktor Fisiko-Kimiawi di Sungai Kreo, Dekat Buangan Air Lindi TPA Jatibarang, Kota Semarang. *Akta Kimindo*, 1(2), 93-98.
- Wardani, S. P. R. (2008). Pemanfaatan limbah batubara (Fly Ash) untuk stabilisasi tanah maupun keperluan teknik sipil lainnya dalam mengurangi pencemaran lingkungan.
- Naldi, F. S., & Lisha, S. Y. (2020). Pemanfaatan Limbah Fly Ash Sebagai Adsorben Logam Fe Pada Limbah Cair. *Jurnal Aerasi*, 2(2), 48-53.
- Tawa, B. D., Kale, A. R., Salim, S. H., & Selan, O. T. E. (2018). Pemodelan Regresi Berganda Pada Pemanfaatan Tanah Liat Dan Batu Karang Sebagai Adsorben Dalam Pengolahan Greywater. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 5(2), 75-85.
- Rosyida, A. (2011). Bottom ash limbah batubara sebagai media filter yang efektif pada pengolahan limbah cair tekstil. *Jurnal Rekayasa Proses*, 5(2), 56-61.
- Cahyono, A. D., & Tuhu Agung, R. (2012). Pemanfaatan Fly Ash Batubara sebagai Adsorben dalam Penyisihan COD dari Limbah Cair Domestik Rumah Susun Wonorejo Surabaya. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(1), 1-9.
- Irawan, C., Dahlan, B., & Retno, N. (2015). Pengaruh massa adsorben, lama kontak dan aktivasi adsorben menggunakan HCl terhadap efektivitas penurunan logam berat (Fe) dengan menggunakan abu layang sebagai adsorben. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 3(2).
- Afrianita, R., & Dewilda, Y. (2013). Efisiensi dan Kapasitas Penyerapan Fly Ash sebagai Adsorben dalam Penyisihan Logam Timbal (Pb) Limbah Cair Industri Percetakan di Kota Padang. *Jurnal Dampak*, 10(1), 1-10.
- Risna, F. (2019). *Kinerja Kolom Adsorpsi Konfigurasi Seri Menggunakan Adsorben Batu Apung Sungai Pasak Pariaman Untuk Penyisihan Logam Kromium (Cr) Dan Merkuri (Hg) Dari Larutan Simulasi Air Tanah* (Doctoral Dissertation, Universitas Andalas).
- Faradilla, A. R., Yulinawa, H., & Suswanto, E. (2016, August). Pemanfaatan fly ash sebagai adsorben karbon monoksida dan karbon dioksida pada emisi kendaraan bermotor. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL CENDEKIAWAN* (pp. 2-1).