

**INVESTIGASI KARAKTERISTIK KARBON AKTIF PADA SAMPAH PELATIK JENIS  
*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE***

***INVESTIGATION OF ACTIVATED CARBON CHARACTERISTICS IN POLYETHYLENE  
TEREPHTHALATE PLASTIC WASTE***

**Irhamni<sup>1\*</sup>, Atika Ruhayyah<sup>2</sup>, T. Muhammad Ashari<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah Banda Aceh, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

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

Diterima: 28 April 2023. Disetujui: 27 Juli 2023. Dipublikasikan: 06 Agustus 2023

**Abstrak:** Tempat pembuangan akhir merupakan lokasi terakhir dari proses pengolahan sampah perkotaan dengan cara menimbun sampah pada suatu lahan urug. Proses dekomposisi sampah dan pemaparan air hujan pada timbunan sampah akan menghasilkan cairan pekat yakni lindi. Keberadaan logam berat dengan konsentrasi tertentu akan berubah menjadi toxic bagi ekosistem perairan. Selain itu, kadar COD yang tinggi menandakan adanya bahan pencemar organik dengan jumlah yang besar. Salah satu alternatif dalam menyisihkan zat pencemar ini yakni dengan menggunakan metode adsorpsi. Secara khusus tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik karbon aktif dan variasi dosis terbaik dalam menurunkan polutan pada lindi. Hasil analisa karakteristik karbon aktif sampah plastik PET yakni kadar air 2,2%, kadar abu 2,6%, kadar zat menguap 62,2% dan kadar karbon terikat 33%. Nilai kadar air dan kadar abu sudah memenuhi SNI 06-3730-1995, namun untuk kadar zat menguap dan kadar karbon terikat belum memenuhi SNI 06-3730-1995. Dosis terbaik dalam menurunkan kadar logam berat Fe dan COD yakni pada dosis 15-gram dengan nilai akhir Fe sebesar 0,106 mg/L dengan efisiensi 96,4% dan COD sebesar 3404 mg/L dengan efisiensi 36,7%. Secara keseluruhan kadar logam Fe untuk semua kasus yang diuji telah memenuhi Standar Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017. Namun, kadar COD belum mencapai baku mutu Permen LHK Nomor 59 Tahun 2016.

**Kata Kunci:** Adsorpsi, Polyethylene Terephthalate dan Karakteristik.

**Abstract:** Land field is the final location of the urban waste processing process by hoarding waste in landfills. The decomposition of waste and exposure to rainwater in landfills will produce a concentrated liquid, leachate. The presence of heavy metals at certain concentrations will turn toxic to aquatic ecosystems. In addition, high COD levels indicate the presence of large amounts of organic pollutants. One alternative to removing these contaminants is by using the adsorption method. This study aimed to determine the characteristics of activated carbon and the best dose variation in reducing pollutants in leachate. The analysis results of the characteristics of activated carbon in PET plastic waste are 2.2% moisture content, 2.6% ash content, 62.2% volatile matter content, and 33% bound carbon content. The water and ash content values complied with SNI 06-3730-1995, but for volatile matter content and bound carbon content, they did not comply with SNI 06-3730-1995. The best dose in reducing levels of heavy metals Fe and COD was at a 15-gram dose with a final value of Fe of 0.106 mg/L with an efficiency of 96.4% and COD of 3404 mg/L with an efficiency of 36.7%. Overall, the Fe metal content for all cases tested met the RI Minister of Health Regulation Number 32 of 2017. However, the COD level had not yet reached the quality standard of the Minister of Environment and Forestry Regulation Number 59 of 2016.

**Keywords:** Adsorption, polyethylene terephthalate and characteristics.

## **PENDAHULUAN**

Limbah lindi merupakan limbah yang berasal dari rembesan air hujan, jatuh pada sampah yang tertimbun sehingga membawa materi dari produk sampah yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya seperti bakteri patogen, zat organik (hidrokarbon, fulvat, galat, dan tanah) dan zat anorganik (magnesium, kalium, sulfat, natrium, fosfat dan logam berat) [1]. Pada air lindi sering ditemukan berbagai jenis logam berat seperti besi, arsen, kromium, kadmium, merkuri, nikel, tembaga dan timbal [2]. Senyawa-senyawa berbahaya ini dapat terinfiltrasi ke dalam tanah yang berpotensi merusak air tanah dan lingkungan sekitar, serta aliran air lindi yang mengikuti aliran run off akan bermuara

ke badan air dan mencemari air tersebut. Apabila badan air atau air sungai yang sudah tercemar limbah lindi dimanfaatkan masyarakat untuk kegiatan sehari-hari, maka akan sangat berbahaya bagi kesehatan tubuh.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh [3]. Dketahui bahwasanya konsentrasi logam berat Fe di kolam lindi TPA Gampong Jawa sebesar 10,9191 ppm. Hasil ini membuktikan bahwa telah terjadi kontaminasi logam berat Fe yakni melebihi Standar Baku Mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 yakni sebesar 5 mg/L. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya bahwa kolam lindi TPA Gampong Jawa memiliki konsentrasi logam Fe

sebesar 1,5997 mg/L dan COD sebesar 3.636,08 mg/L. Kadar Fe pada pengujian tersebut menunjukkan penurunan dibandingkan dengan pengujian yang telah dilaksanakan oleh [3]. Hal ini terjadi karena TPA Gampong Jawa telah beralih fungsi sebagai transfer station pasca pengoperasian TPA Regional Blang Bintang.

Pada penelitian lain, menyebutkan aplikasi karbon aktif dengan variasi jenis sampah plastik dalam menurunkan kontaminan logam mangan dan besi terlarut pada air sumur tertinggi diperoleh oleh karbon aktif plastik polyethylene terephthalate dengan berat 80-gram yakni Fe 94%; Mn 94%; kekeruhan 89%. Limbah plastik lainnya seperti PVC (Polyvinyl Chloride), LDPE (Low Density Polyethylene), BPA Free (Bisphenol A) rata-rata mampu menurunkan Fe pada rentang 76%-89%, Mn 79%- 85%, dan kekeruhan 77%-82% [4]

Berdasarkan hasil beberapa penelitian yang telah disebutkan di atas bahwa karakteristik karbon aktif belum dibahas sebelumnya. Oleh karena itu, penyelidikan karakteristik karbon aktif dan variasi dosis terbaik dalam menurunkan polutan pada lindi menjadi keterbaruan dalam artikel ini.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Lingkungan Universitas Serambi Mekkah dan Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Analisis awal kandungan polutan pada limbah lindi dilaksanakan di Laboratorium Balai Riset Standarisasi Industri Banda Aceh dan Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan Universitas Syiah Kuala.

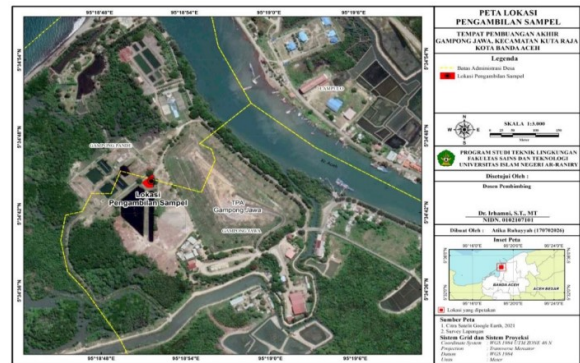
Objek penelitiannya adalah air limbah lindi yang tercemar Fe dan COD di TPA Gampong Jawa, Kecamatan Kuta Raja, Kota Banda Aceh. Pengambilan sampel dilakukan pada kolam maturasi (outlet) dengan metode Grab sampling (SNI-6989.59:2008). Tempat pengambilan sampel penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.

Karakteristik karbon aktif sampah plastik polyethylene terephthalate yang akan diuji pada penelitian ini yakni kadar rendemen, kadar air (moisture content), dan kadar zat menguap. Diambil karbon aktif yang sudah ditimbang sebanyak 5-gram lalu diletakkan di cawan porselen yang telah diketahui beratnya dan diletakkan kedalam oven, atur temperatur sampai 105°C selama 1 jam. Kemudian karbon aktif sampah plastik didinginkan didalam desikator selama 15 menit lalu ditimbang untuk menghitung kadar air [5]. Adapun rumus perhitungan nya adalah berikut:

$$\text{Kadar Air\%} = \frac{b - c}{b - a} \times 100\%$$

Keterangan:

- a = massa cawan kosong (gr)
- b = massa cawan kosong + sampel awal (gr)
- c = massa cawan kosong + sampel akhir (gr)



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Karbon aktif yang sudah ditimbang sebanyak 20-gram dan dipanaskan di dalam furnace pada suhu 800-900°C selama 15 menit lalu didinginkan didalam desikator setelah itu ditimbang hasilnya [5]

$$\text{Kadar zat menguap (\%)} = \frac{(b - a) - (c - a)}{b - a} \times 100\%$$

Keterangan:

- a = massa cawan kosong (gr)
- b = massa cawan kosong + sampel awal (gr)
- c = massa cawan kosong + sampel akhir (gr)

Karbon aktif yang sudah ditimbang sebanyak 1-gram dan dipanaskan dengan menggunakan furnace pada suhu 850°C selama 4 jam hingga menjadi abu lalu didinginkan didalam desikator. Setelah itu, ditimbang hasilnya [6].

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{c - a}{b - a} \times 100\%$$

Keterangan:

- a = massa cawan kosong (gr)
- b = massa cawan kosong + sampel awal (gr)
- c = massa cawan kosong + sampel akhir (gr)

Setelah didapatkan nilai dari pengukuran parameter Fe dan COD, maka dilakukan perhitungan akhir untuk mengetahui efisiensi penurunan beban pencemar yang terdapat pada limbah lindi. Adapun perhitungannya yakni:

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

Keterangan:

- E = Efisiensi
- C<sub>0</sub> = Konsentrasi awal
- C<sub>e</sub> = Konsentrasi setelah pengolahan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini, karbon aktif yang digunakan berasal dari sampah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) yang biasa ditemukan pada botol plastik kemasan minuman seperti kemasan minuman Aqua dan Coca Cola. Tahap awal yang dilakukan untuk mengkonversi sampah plastik menjadi karbon aktif adalah proses karbonisasi pada suhu 400oC selama 2 jam. Proses karbonisasi bertujuan untuk menghilangkan beberapa kandungan yang tidak diperlukan oleh karbon seperti air, oksigen, hidrogen,

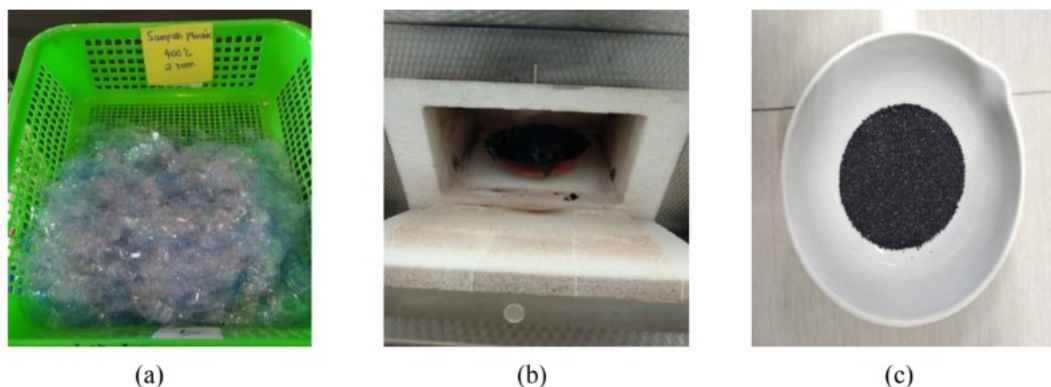
dan material-material yang mudah menguap [6]. Hasil yang didapat untuk karbon aktif sampah plastik PET berupa padatan karbon dengan struktur yang keras dan mengkilat. Alur proses karbonisasi dapat dilihat pada Gambar 2.

Penelitian ini, terdapat beberapa karakteristik karbon aktif dari sampah plastik PET yang dianalisa seperti, kadar air (*moisture content*), kadar abu (*ash*), kadar zat menguap (*volatile matter*), dan kadar karbon terikat (*fixed carbon*). Adapun standar mutu karbon aktif mengacu pada SNI 06-3730-1995. Hasil

analisa mutu karbon aktif dari sampah plastik PET dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Analisa Kualitas Karbon Aktif dari Sampah Plastik PET

Parameter	Hasil	Persyaratan Kualitas
Kadar Air	2,2 %	Maks. 15%
Kadar Abu	2,6 %	Maks. 10%
Kadar Zat Menguap	62,2%	Maks. 25%
Kadar Karbon Terikat	33%	Min. 65%



**Gambar 2.** Proses Karbonisasi, (a) Sampel Plastik PET, (b) proses karbonisasi, dan (c) hasil karbonisasi

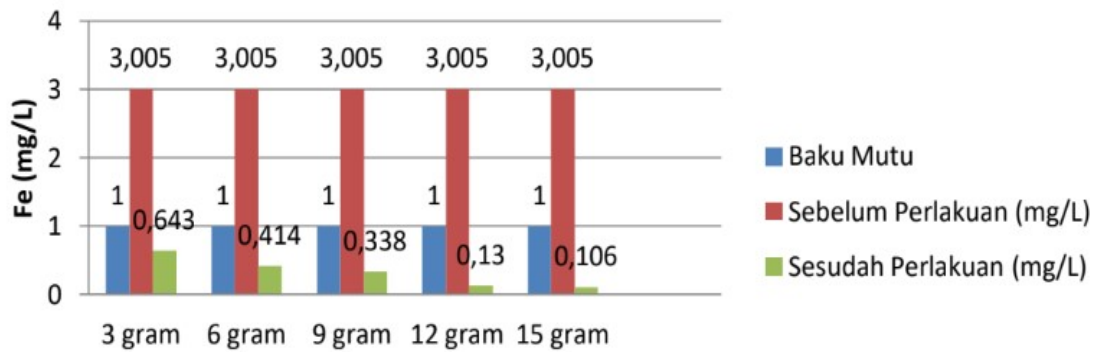
Sampel plastik PET yang digunakan untuk proses karbonisasi yakni sebesar 500 gram. Hasil akhir berat karbon aktif yang dihasilkan yakni sebesar 152,421-gram dengan nilai rendemen sebesar 30,4%. Karbon yang terbentuk lebih sedikit dikarenakan temperatur karbonisasi yang tinggi, sehingga menyebabkan polimer- polimer plastik di dalam furnace melunak dan struktur polimer terdekomposisi menjadi senyawa monomer dengan berat molekul yang lebih rendah dan stabil [5].

Karbon aktif yang terbentuk kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan alu lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Berat karbon aktif yang didapatkan dari proses pengayakan yakni sebesar 87,537 gram. Hasil pengayakan tersebut di aktivasi menggunakan bahan kimia HCl 1 M selama 2 jam. Aktivasi menggunakan HCl bertujuan untuk melarutkan zat pengotor pada karbon aktif sehingga zat pengotor yang menyumbat pori-pori karbon akan hilang dan pori- pori yang terbentuk semakin banyak [7]. Setelah di aktivasi karbon aktif disaring menggunakan kertas saring lalu dilakukan pencucian dengan aquadest. Selanjutnya, dikeringkan adsorbent dengan oven pada suhu 110°C selama 3 jam. Berat karbon aktif setelah di aktivasi yakni sebesar 83,535 gram.

Konsentrasi awal kadar Fe pada limbah lindi TPA Gampong Jawa sebelum diberi perlakuan karbon aktif yakni sebesar 3,005 mg/L. Nilai tersebut masih melebihi standar yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 yaitu sebesar 1 mg/L. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa penambahan dosis

karbon aktif yang telah ter aktivasi HCl dapat menurunkan kadar logam Fe pada limbah lindi. Penambahan dosis karbon aktif sampah plastik PET 3-gram, 6-gram, 9-gram, 12-gram dan 15-gram dapat menurunkan kadar Fe berturut-turut sebesar 0.643 mg/L, 0.414 mg/L, 0.338 mg/L, 0.130 mg/L, dan 0.106 mg/L. Dosis adsorbent yang paling optimal dalam menurunkan kadar Fe yaitu pada variasi dosis 15-gram dengan nilai konsentrasi akhirnya sebesar 0,106 mg/L. Nilai penurunan kadar Fe dimulai dari variasi dosis 3-gram hingga 15-gram sudah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan.

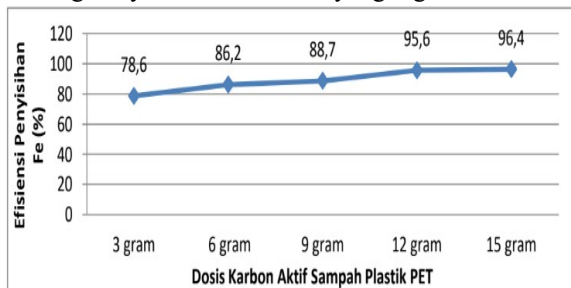
Kemampuan karbon aktif dari sampah plastik PET dalam mengadsorpsi atau menyerap kadar logam Fe pada limbah lindi cukup baik. Hal ini disebabkan karena jumlah pori yang terdapat pada dinding adsorbent mampu menyerap kontaminan Fe yang terdapat pada limbah lindi. Semakin banyak pori-pori yang terbentuk maka akan semakin mudah polutan ter adsorpsi [8]. Aktivasi menggunakan HCl juga dapat membuat permukaan adsorbent menjadi asam sehingga kapasitas karbon aktif sampah plastik PET menjadi lebih besar untuk menyerap ion Fe. Menurut Wulan Sari dkk., permukaan adsorbent yang asam akan membentuk muatan positif pada adsorbent karena asam klorida memiliki nilai ekivalen  $H^+$  yang tinggi [9]. Aktivasi karbon aktif sampah plastik PET menggunakan HCl akan memperluas permukaan adsorbent dan meningkatkan keasaman permukaan menjadi lebih besar sehingga kemampuan adsorpsi lebih tinggi dibandingkan tanpa aktivasi. Grafik hubungan variasi dosis karbon aktif terhadap penurunan Fe dapat dilihat pada Gambar 3.



**Dosis Karbon Aktif Sampah Plastik PET**

**Gambar 3.** Grafik hubungan variasi dosis karbon aktif sampah plastik PET terhadap penurunan Fe

Setelah mendapatkan nilai penurunan kadar Fe pada setiap Variasi dosis, maka dapat dihitung efisiensi penyisihan kadar Fe pada limbah lindi. Berdasarkan Gambar 4, variasi dosis terbaik karbon aktif dari sampah plastik PET ter aktivasi HCl 1M dalam menyisihkan kadar Fe terdapat pada dosis 15-gram yaitu 96,4%. Untuk variasi dosis 3-gram, 6-gram, 9-gram, dan 12-gram dapat menurunkan kadar Fe dengan efisiensi sebesar 78,6%, 86,2%, 88,7% dan 95,6%. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan akan meningkat seiring dengan meningkatnya dosis adsorbent yang digunakan.

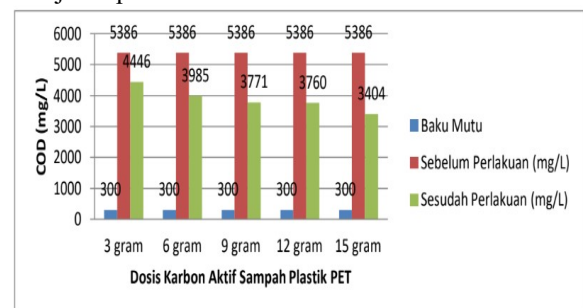


**Gambar 4.** Grafik hubungan variasi dosis karbon aktif sampah plastik PET terhadap efisiensi penyisihan Fe

Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan total oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik pada perairan secara kimiawi. Nilai COD menunjukkan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi kan melalui proses biologis dan tinggi nya nilai COD mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam perairan. Jika kondisi seperti ini dibiarkan maka akan berdampak bagi organisme akuatik [10].

Dosis adsorbent yang paling optimal dalam menurunkan kadar COD yaitu pada variasi dosis 15-gram dengan nilai konsentrasi setelah perlakuan sebesar 3404 mg/L. Hasil perlakuan karbon aktif dalam menurunkan nilai COD masih belum memenuhi baku mutu, namun penurunan yang cukup signifikan pada penelitian ini menjadikan nya sebagai karbon aktif yang cukup menjanjikan dalam proses pengolahan limbah lindi. Perbandingan variasi dosis

karbon aktif dalam menyisihkan kadar COD disajikan pada Gambar 5.

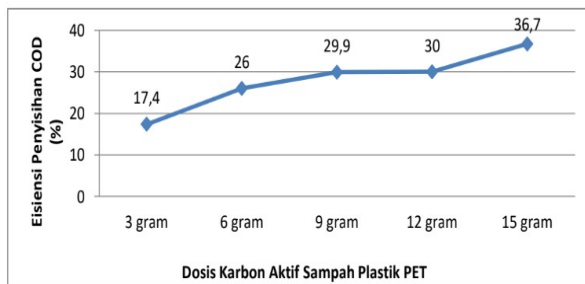


**Gambar 5.** Grafik hubungan variasi dosis karbon aktif sampah plastik PET terhadap penurunan COD

Hasil analisis ini membuktikan bahwa kemampuan penyerapan karbon aktif sampah plastik semakin meningkat seiring dengan penambahan dosis karbon pada limbah lindi. Karbon aktif mempunyai struktur pori terbuka dan permukaan internal yang luas sehingga mampu mengadsorpsi partikel-partikel pencemar yang terdapat di air. Molekul-molekul adsorbat akan terperangkap dan memenuhi rongga pori yang terdapat pada permukaan karbon aktif. [11].

Setelah melihat kemampuan karbon aktif PET dalam menurunkan kadar COD pada limbah lindi, maka dapat dilihat efisiensi penyisihan nya Pada Gambar 6. Semua perlakuan dari kelima variasi dosis karbon aktif mampu menyisihkan kadar COD pada limbah lindi. Variasi dosis karbon aktif 15-gram merupakan dosis optimal dalam menyisihkan COD dengan efisiensi sebesar 36,7%. Untuk variasi 3-gram, 6-gram, 9-grams, dan 12-gram dapat menurunkan COD dengan efisiensi 17,4%, 26%, 29,9%, dan 30%. Penyisihan zat pencemar dapat terjadi karena adanya ketidakstabilan pada permukaan adsorbent sehingga adsorbent membuat ikatan dengan zat lain agar mencapai kestabilan tersebut. Proses pengadukan limbah lindi dan karbon aktif juga membantu mengikat partikel organik dan menempel pada karbon aktif sehingga semakin besar penyisihan kadar COD yang terjadi [12].





**Gambar 6.** Grafik hubungan variasi dosis karbon aktif sampah plastik PET terhadap efisiensi penyisihan COD

## KESIMPULAN

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik karbon aktif sampah plastik PET teraktivasi HCl menghasilkan kadar air sebesar 2,2%, kadar abu 2,6%, kadar zat menguap 62,2%, dan kadar karbon terikat 33%. Untuk kadar air dan kadar abu sudah memenuhi SNI 06-3730-1995 namun untuk kadar zat menguap dan kadar karbon terikat belum memenuhi SNI 06-3730-1995.
2. Variasi dosis terbaik dalam menurunkan kadar logam berat Fe dan COD pada limbah lindi dengan volume limbah 500ml yakni pada dosis 15-gram dengan nilai akhir Fe sebesar 0,106 mg/L dan efisiensi 96,4% serta nilai akhir COD sebesar 3404 mg/L dengan efisiensi 36,7%. Kadar Fe setelah perlakuan sudah memenuhi baku mutu Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017 sedangkan kadar COD masih belum memenuhi baku mutu PermenLHK Nomor 59 Tahun 2016 yakni 300 mg/L

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Silaban, D. S., Sulistyani, S., & Rahardjo, M. (2017). Efektivitas Variasi Dosis Ferri Klorida ( $\text{FeCl}_3$ ) Sebagai Koagulan Dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) Pada Air Lindi Tpa Jatibarang Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 5(1), 438–443.
- [2] Sudarwin, S. (2008). Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- [3] Irhamni, I. (2017). Serapan logam berat esensial dan non esensial pada air lindi TPA kota Banda Aceh dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Serambi Engineering*, 2(1).
- [4] Hendrasarie, N., & Prihantini, R. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif Sampah Plastik Untuk Menurunkan Besi Dan Mangan Terlarut Pada Air Sumur. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(2).
- [5] Pelita, Y. T. (2020). Pemanfaatan Produk Char

- Hasil Pirolisis dari Sampah Plastik Jenis Polyethylene Terephthalate (PET) Sebagai Karbon Aktif. Universitas Sumatera Utara.
- [6] Ridhuan, K., & Suranto, J. (2017). Perbandingan pembakaran pirolisis dan karbonisasi pada biomassa kulit durian terhadap nilai kalori. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1).
  - [7] Huda, S., Ratnani, R. D., & Kurniasari, L. (2020). Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Ori (*Bambusa arundinacea*) yang di Aktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 5(1).
  - [8] Verayana, M. P., & Iyabu, H. (2018). Pengaruh Aktivator HCl dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jurnal Entropi*, 13(1), 67–75.
  - [9] Sari, T. I. W., Muhsin, M., & Wijayanti, H. (2016). Pengaruh Metode Aktivasi pada Kemampuan Kaolin Sebagai Adsorben Besi (Fe) Air Sumur Garuda. *Konversi*, 5(2), 60–65.
  - [10] Valentina, A. E., Miswadi, S. S., & Latifah, L. (2013). Pemanfaatan arang eceng gondok dalam menurunkan kekeruhan, COD, BOD pada air sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2).
  - [11] Ratnawati, R., Amalia, S., & Sasmita, A. (2019). Karbon Aktif dari Sampah Plastik Polietilena sebagai Adsorben untuk Pengolahan Air Limbah Laundry. In *Seminar Nasional Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan Tropis* (Vol. 978, pp. 21–22).
  - [12] Wicheisa, F. V., Darundiati, Y. H., & Dewanti, N. A. Y. (2018). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Cair Laundry Orens Tembalang Dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 6(6), 135–142.