

Penyisihan Logam Fe dan Cu Pada Air Limbah Menggunakan Kulit Singkong Sebagai Bioadsorben

Avila Rezki Utama¹, Hendri Sawir², dan Wathri Fitriada³

^{1,2,3}Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang, Kota Padang, Indonesia

Email: [1avilarezkiutama@icloud.com](mailto:avilarezkiutama@icloud.com), [2hendrisawir15@gmail.com](mailto:hendrisawir15@gmail.com), [3wathrifitrada@gmail.com](mailto:wathrifitrada@gmail.com)

Info Artikel

Diterima: 12 Desember 2022

Disetujui: 14 Februari 2023

Dipublikasikan: 28 Februari 2023

Alamat Korespondensi:
wathrifitrada@gmail.com

Copyright © 2023 Jurnal
Engineering

This work is licensed under the
Creative Commons Attribution
International License (CC BY
4.0).

Abstrak

Limbah merupakan sisa berbagai aktivitas manusia berbentuk padat dan cair. Salah satu contoh aliran air yang telah tercemar limbah cair adalah Banda Kali Jati Jl. Perintis Kemerdekaan Kota Padang. Salah satu pengolahan limbah cair yang dapat dilakukan adalah adsorpsi dengan karbon aktif kulit singkong. Penelitian ini bertujuan mengukur konsentrasi logam Fe dan Cu di Banda Kali Jati, menganalisis pengaruh variasi konsentrasi NaOH yang tepat sebagai aktivator karbon aktif kulit singkong dan menghitung efisiensi penyisihan Fe dan Cu. Proses aktivasi karbon menggunakan tiga variasi perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian kadar Fe dan Cu melewati kadar maksimum PP RI No. 22 Tahun 2021 yaitu 4, 26 dan 2, 12. Sedangkan konsentrasi NaOH yang tepat sebagai aktivator karbon aktif kulit singkong yaitu NaOH 7,5 N. Penurunan Fe dan Cu tertinggi berturut-turut 56,42% dan 18,81%.

Kata kunci: Besi; Karbon aktif; Kulit singkong; Tembaga

Abstract :

Waste is the residue of various human activities in solid and liquid form. One example of a water flow that has been polluted with liquid waste is Banda Kali Jati Jl. Perintis Kemerdekaan Kota Padang. One of the liquid waste treatments that can be done is adsorption with activated carbon cassava skin. This study aims to measure the concentration of Fe and Cu metals in Banda Kali Jati, analyze the influence of variations in the exact concentration of NaOH as an activated carbon activator of cassava skin, and calculate the efficiency of Fe and Cu removal. The carbon activation process uses three treatment variations. Based on the results of research, Fe and Cu levels pass the maximum levels of PP RI No. 22 of 2021, namely 4, 26 and 2, 12. Meanwhile, the right concentration of NaOH as an activator of cassava skin activated carbon is NaOH 7.5 N. decrease in Fe and Cu, respectively, of 56.42% and 18.81%.

Keywords: Activated carbon; Cassava peel; Copper; Iron

1. Pendahuluan

Air merupakan bagian yang penting dalam hidup. Di daerah yang padat penduduknya, seperti daerah industri, kebutuhan air bersih dan sehat sukar diperoleh karena air di daerah itu sudah tercemar oleh limbah industri dan limbah rumah tangga. Menurut PP 22 Tahun 2021 Air Limbah adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan yang pada kadar atau batas tertentu dapat menjadi pencemar pada media tanah atau air (Pemerintah RI, 2021).

Salah satu contoh aliran air yang telah tercemar oleh limbah adalah Aliran Air Banda Kali Jati yang terdapat di Jl. Perintis Kemerdekaan Kecamatan Padang Timur, Padang. Air pada aliran Banda Kali Jati dijadikan sebagai pembuangan air limbah dari aktivitas rumah tangga oleh warga dan aktivitas sisa industri yang mengandung logam, aliran air ini kehilangan fungsi sebagaimana mestinya.

Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan adalah dengan adsorpsi. Adsorpsi terjadi karena gaya tarik-menarik antara molekul adsorbat dan tapak-tapak yang aktif di permukaan adsorben. Bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah bahan yang mengandung karbon dalam jumlah banyak, salah satunya karbon aktif. Kulit singkong ialah salah satu limbah yang dapat digunakan sebagai adsorben (Damayanti & Hermawan, 2021; Kosim et al., 2022; Masrullita et al., 2021; Nisya et al., 2022; Puspitasari et al., 2022). Limbah kulit singkong merupakan residu hasil pertanian yang terdapat dalam jumlah melimpah di berbagai daerah di Indonesia, termasuk Kota Padang. Salah satu cara pengolahan untuk menurunkan kadar Fe dan Cu dalam air dapat dilakukan dengan proses adsorpsi (Damayanti & Hermawan, 2021; Setiawan et al., 2021). Penggunaan adsorben saat ini menjadi pilihan untuk dikembangkan, karena murah dan sumbernya mudah didapat. Bahan adsorben alami yang dapat digunakan dan dikembangkan ialah adsorben alami dari kulit singkong.

Menurut SNI 06-3730-1995 bahwa karbon aktif teknis, karbon aktif berbentuk serbuk yang berkualitas baik memiliki kadar air maksimal sebesar 15%, kadar zat mudah menguap maksimal 25%, kadar abu maksimal 10% dan kadar karbon minimal 65%. Dengan memanfaatkan limbah kulit singkong sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif yang diaktivasi dengan aktivator NaOH konsentrasi 2,5N, 5N dan 7,5N dengan melihat bagaimana pengaruh variasi konsentrasi aktivator terhadap daya serap logam berat Fe dan Cu.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah pengolahan data menggunakan metode penelitian experimental ini akan dilakukan pembuatan karbon aktif dari kulit singkong dengan tiga variasi konsentrasi pada proses pengaktifannya untuk mengetahui potensi karbon aktif sebagai material pengolahan air limbah. Hasil dari tiga aktivasi yang digunakan akan dilihat mana potensi yang paling bagus yang berhasil didapatkan pada pembuatan karbon aktif yang bagus, yang nantinya karbon aktif yang terbaik akan digunakan dalam proses penggunaan air limbah sungai yang mana akan berdampak lebih efektif pada saat penggunaan nanti pada pengolahan air limbah. Berikut adalah kerangka metodologi dalam penelitian Tugas akhir ini:

a) Populasi dan Sampel

Sampel pada penelitian ini adalah air sungai yang berlokasi di sungai Jalan Perintis Kecamatan Padang Timur Kota Padang, dimana terdapat aktivitas industri makanan, rumah sakit dan industri makan yang

perpotensi membuang limbah dengan kandungan logam besi dan tembaga. Pengambilan sampel air dilakukan pada 3 titik yaitu kiri sungai, tengah dan kanan (**Gambar 1**) dengan menggunakan alat *water sampler*, kemudian air tersebut dimasukkan kedalam wadah plastik berukuran 1,5 liter.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

b) Variabel Penelitian

Variabel penelitian dapat membedakan atau membawa variasi pada suatu nilai tertentu. Ada dua jenis variabel yang diuji dalam penelitian ini yaitu variabel dependen dan variabel independen.

1. Variabel bebas adalah variabel yang nilainya menentukan variabel lain. Pada penelitian ini variabel bebas adalah aktivator NaOH dengan variasi konsentrasi (2,5N, 5N dan 7,5N)
2. Variabel terikat yaitu variabel yang nilainya ditentukan oleh variabel lain. Pada penelitian ini variabel terikat adalah penyisihan konsentrasi Fe dan Cu dengan menggunakan kulit singkong sebagai bioadsorben.

c) Data dan Sumber Data

Data yang dikumpulkan meliputi data primer, yaitu Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil analisis penelitian di laboratorium, dalam penelitian ini data bersumber dari pengujian kadar abu dan kadar air karbon aktif dari kulit singkong yang diaktivasi dengan NaOH yang konsentrasinya bervariasi dan penentuan konsentrasi logam Fe dan Cu sampel air sebelum dan sesudah proses adsorpsi dengan karbon aktif kulit singkong yang diaktivasi dengan NaOH.

d) Analisis Data

Analisa data yang digunakan dalam penelitian studi literatur berupa tabulasi konsentrasi tiap logam berat yang terdapat pada air sungai Jalan Perintis Kemerdekaan dan bandingkan dengan aturan PP No. 82 Tahun 2001 yang berlaku apakah melewati atau tidak dan Analisis statistika deskriptif menunjukkan karbon aktif dengan karakteristik terbaik terhadap variasi NaOH dengan konsentrasi 2,5N, 5N dan 7,5N dengan melihat bagaimana pengaruh variasi konsentrasi aktivator terhadap daya serap logam berat Fe dan Cu.

Data yang diperoleh akan menunjukkan nilai yang paling mengetahui efisiensi penyerapan adsorben terhadap kadar konsentrasi Fe dan Cu. Rumus yang digunakan dalam menentukan persentase penurunan kadar Fe dan Cu yaitu :

$$Ef = \frac{c_o - c_t}{c_o} \times 100\%$$

Keterangan:

Ef : Efisiensi Adsorpsi (%)

Co : Konsentrasi Awal Sampel (mg/L)

Ct : Konsentrasi Akhir Sampel (mg/L)

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil Kualitas Air di Lokasi Sampling

Kualitas air sungai di lokasi sampling tepatnya di Jalan Perintis Kemerdekaan bisa dikatakan kurang baik, bisa dilihat dari kandungan-kandungan dalam air pada lokasi sampling. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas, aliran air sungai tersebut ada beberapa parameter yang tidak memenuhi baku mutu seperti kandungan besi dan tembaga (PP, 2021). Kandungan yang terdapat pada Banda Kali Jati dapat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Uji Kualitas Air di Lokasi Sampling

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum*	Banda Kali Jati
1	Fe	mg/ Liter	0,3	4,2593
2	Cu	mg/ Liter	0,02	2,1173

*PP RI No. 22 tahun 2021 (Kelas 1)

Dari tabel uji kualitas air menunjukkan bahwa parameter yang melebihi baku mutu adalah kandungan Fe dan Cu. Besi (Fe) dan tembaga (Cu) merupakan logam yang sering bersamaan keberadaannya di alam maupun dalam air. Air sungai yang berdekatan dengan sumber pencemar seperti pemukiman penduduk, daerah pertanian, industri dan bengkel dapat meningkatkan kadar logam berat seperti besi dan tembaga melebihi baku mutu (Ishak et al., 2023; Ofiyen & Puryanti, 2022; Yanti & Afdal, 2021).

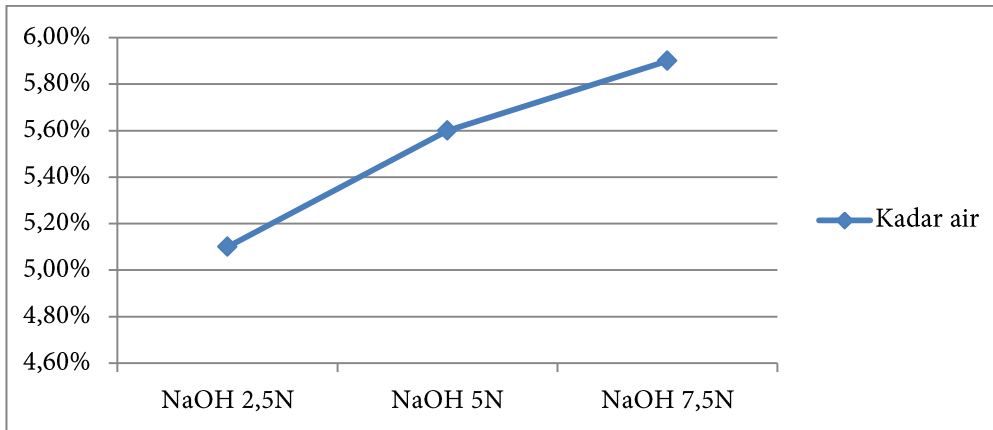
Karakteristik Karbon Aktif Kulit Singkong

Karbon kulit singkong diaktivasi menggunakan NaOH dengan konsentrasi 2,5N, 5N dan 7,5N dengan menguji kadar air dan kadar abu dan Daya Serap iodin sesuai prosedur dan diperoleh dapat data Tabel 2:

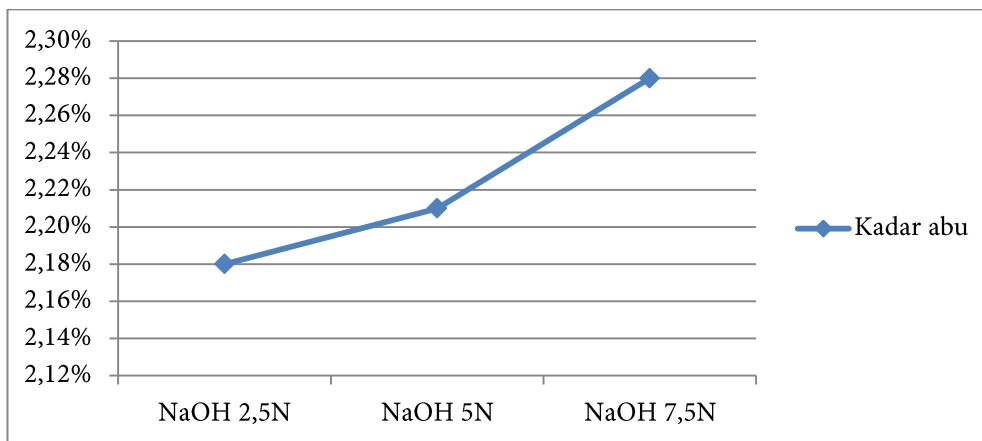
Tabel 2. Hasil Uji Karakteristik Karbon Aktif

No	Karakteristik	NaOH 2,5N	NaOH 5N	NaOH 7,5N	SNI
1	Kadar air	5,1%	5,6%	5,9%	15%
2	Kadar abu	2,18%	2,21%	2,28%	10%
3	Daya Serap iodin	2433	2592	2617	Min 750

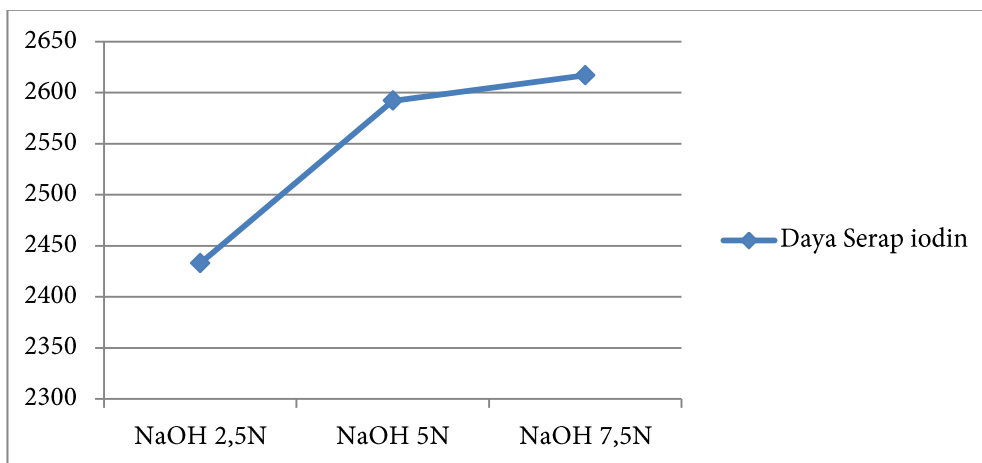
Sumber: hasil pengujian



Gambar 1. Hasil Uji Karakteristik Kadar Air



Gambar 2. Hasil Uji Karakteristik Kadar Abu



Gambar 3. Hasil Uji Karakteristik Daya Serap Iodin

Berdasar gambar 1 dan 2 dimana dari hasil uji karakteristik karbon aktif kulit singkong yang menggunakan aktivator NaOH dengan konsentrasi 2,5N, 5N dan 7,5N, dalam pengujian kadar abu dan air menghasilkan karbon aktif telah memenuhi standar kualitas karbon aktif berbentuk serbuk menurut SNI

06-3730-1995. Temperatur pembakaran karbon adalah 700°C selama 2 jam, dengan berat sampel 10 gr. Untuk analisis kadar air, suhu yang digunakan 110°C pada alat *moisture balance* sedangkan untuk analisis kadar abu, suhu yang digunakan 1000°C selama 30 menit. Analisa Daya Serap Iodin digunakan metode Titrasi Iodometri.

Kadar Air

Karbon aktif kulit singkong yang diaktivasi menggunakan NaOH pada konsentrasi 2,5 N, 5 N, dan 7,5 berturut-turut memiliki nilai kadar air sebesar 5,1%, 5,6% dan 5,9%. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan interaksi jenis dan konsentrasi aktivator kimia sangat berpengaruh nyata terhadap kadar air karbon aktif. Hasil analisis menunjukkan adanya korelasi positif terhadap kadar air karbon aktif, hal ini diduga dikarenakan semakin tingginya konsentrasi aktivator maka semakin sulit penguraian pada suhu 700°C di dalam *furnace* sehingga masih banyak air yang tertinggal di dalam karbon aktif. Kadar air yang tinggi akan mempengaruhi sifat higroskopis terhadap karbon aktif dan semakin rendah kadar air maka meningkatnya kemampuan adsorpsi dari karbon aktif. Karbon aktif telah memenuhi standar kualitas karbon aktif berbentuk serbuk. Pada SNI 06-3730-1995 nilai kadar air untuk karbon aktif berbentuk serbuk adalah kurang dari 15%.

Kadar Abu

Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas arang yang dihasilkan. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori pada arang sehingga luas permukaan arang menjadi berkurang (Schröder et al., 2007). Kadar abu yang dihasilkan dalam penelitian ini menggunakan aktivator NaOH dengan konsentrasi 2,5N, 5N dan 7,5N yaitu 2,18%, 2,21% dan 2,28%. Hasil uji menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi aktivator NaOH menyebabkan kadar abu karbon aktif juga semakin meningkat. Hal ini terjadi karena pemberian konsentrasi yang lebih tinggi akan memperluas permukaan karbon aktif, sehingga pori-pori yang terbentuk semakin banyak dan besar. Kadar abu yang dihasilkan karbon aktif memenuhi standar kualitas arang aktif berbentuk serbuk menurut SNI 06-3730-1995 yaitu kecil dari 10%.

Daya Serap iodin

Penetapan daya jerap karbon aktif terhadap iod bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap larutan berwarna atau kotoran. Daya jerap iod yang dihasilkan dalam penelitian ini berkisar antara 2433, 2592 dan 2617 mg/g. Hasil uji duncan menunjukkan pemberian konsentrasi NaOH berpengaruh nyata terhadap hasil daya jerap iod, semakin besar konsentrasi maka daya jerap iod semakin tinggi, hal ini saling berkaitan dengan kadar karbon yang terikat yang semakin meningkat pada aktivator NaOH. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi jenis dan konsentrasi aktivator kimia sangat berpengaruh nyata terhadap daya jerap iod karbon aktif. Daya jerap iod karbon aktif yang dihasilkan dalam penelitian ini memenuhi syarat SNI-06-3730-1995, yaitu minimal 750 mg/g. Hal ini disebabkan karena kadar abu tidak mudah menguap yang terkandung di dalam karbon aktif, mengakibatkan tingginya kadar karbon. Semakin banyak kadar karbon yang dihasilkan maka, semakin besar atau semakin banyak pori-pori yang terbentuk, sehingga mengakibatkan luas permukaan karbon aktif juga bear. Hal ini mengakibatkan daya jerap iod karbon aktif tinggi.

Efisiensi Penurunan Fe pada Adsorban

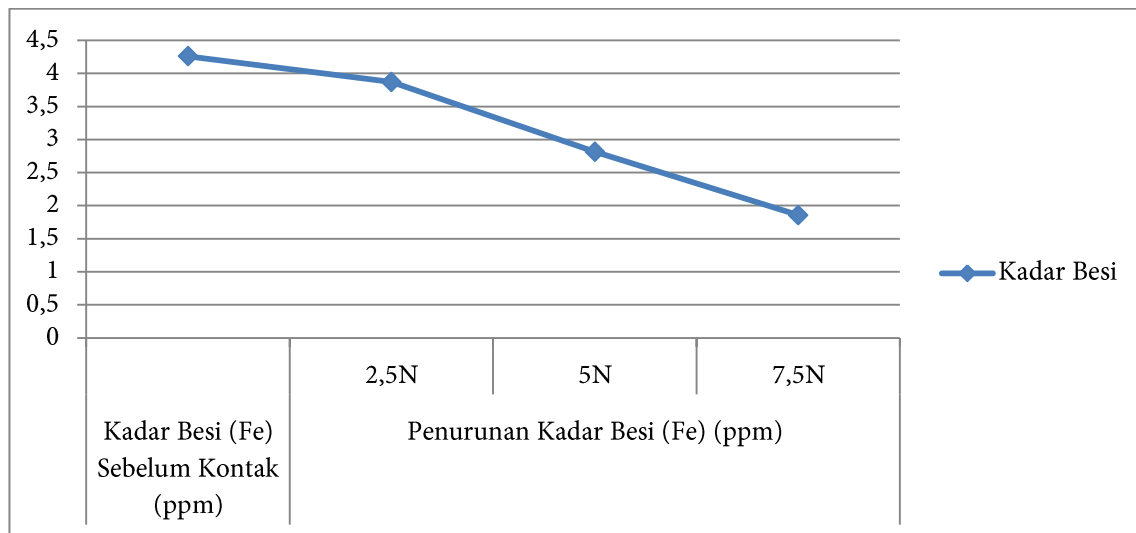
Hasil dari kadar besi (Fe) yang diperoleh dari air sungai di lokasi penelitian adalah besi ferro ($Fe^{2++} H_2O$) sebesar 4,2593 ppm. Hasil dari penurunan kadar besi (Fe) dan presentase penurunan kadar besi (Fe)

setelah dikontakkan dengan arang aktif sebanyak 50 gram dengan divariasikan activator NaOH yakni: 2,5N, 5N dan 7,5N dengan proses adsorpsi selama 7 jam sesuai dengan waktu kontak dapat dilihat pada **Tabel 3** sebagai berikut:

Tabel 3. Presentase Penurunan Kadar Besi Setelah di Kontakkan dengan Arang Aktif Sebanyak 50 gram

No	Kadar Besi (Fe) Sebelum Kontak (ppm)	Penurunan Kadar Besi (Fe) (ppm)			Presentase Penurunan Kadar Besi (Fe) (%)		
		2,5N	5N	7,5N	2,5N	5N	7,5N
1	4,2593	3,8704	2,8148	1,8563	9,13	33,91	56,42

Menurut hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 3** kadar besi (Fe) dari air limbah sungai yang diuji diperoleh hasil sebesar 4,2593 mg/l. Kadar tersebut tidak sesuai dengan PP No. 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Sedangkan yang masih diperbolehkan yakni 1 mg/l. Penurunan kadar besi (Fe) dalam sampel air yang dikondisikan terlihat dari hasil pengukuran setelah air tersebut ditambahkan dengan karbon aktif kulit singkong. Dari berdasarkan **Gambar 1** setelah diberikan karbon aktif dengan divariasikan activator NaOH yakni: 2,5N, 5N dan 7,5N, hasil pemeriksaan air menunjukkan adanya penurunan kadar besi (Fe). yaitu (3,8704 mg/l), (2,8148 mg/l) dan (1,8563 mg/l) dengan persentase penurunan sebesar (9,13 %), (33,91%) dan (56,42%).Penurunan ini terjadi karena besi tersebut telah terserap kedalam pori- pori karbon. Karbon atau arang aktif yang digunakan pada penelitian ini ialah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon yaitu terbuat dari kulit singkong.



Gambar 3. Grafik Penurunan Kadar Besi (Fe) Setelah di Kontakkan dengan Karbon Aktif

Berdasarkan hasil penelitian ini lakukan diperoleh penurunan kadar besi (Fe) setelah disaring dengan arang aktif kulit singkong dengan suhu 700 °C dengan konsentrasi NaOH sebesar : 2,5N, 5N dan

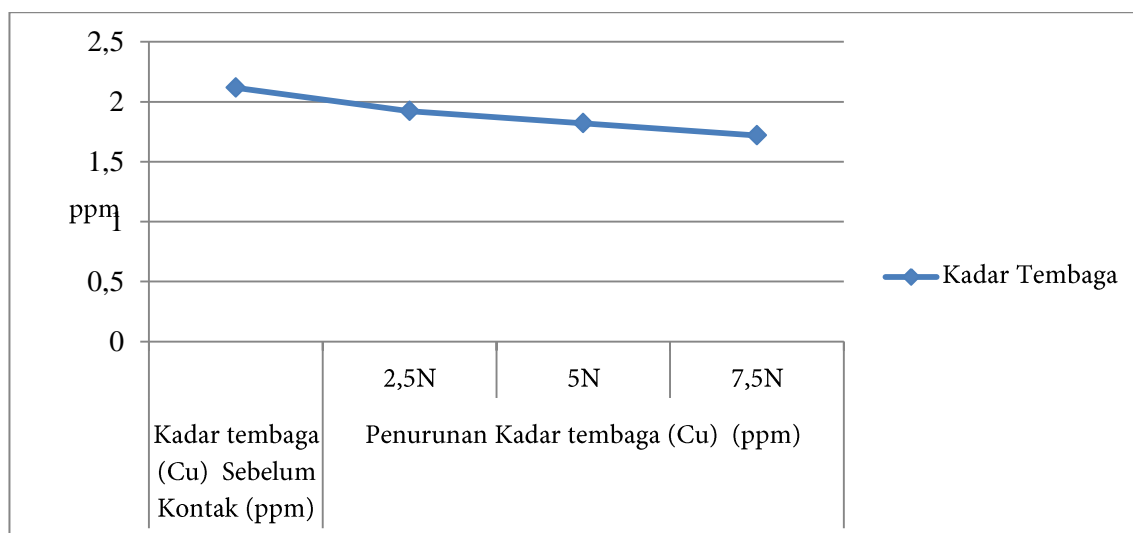
7,5N yaitu (3,8704 mg/l), (2,8148 mg/l) dan (1,8563 mg/l). Dimana pengurangan kadar besi (Fe) tertinggi menggunakan konsentrasi NaOH 7,5N hal ini menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang digunakan dan lamanya waktu perendaman arang aktif yang digunakan untuk menyerap logam Fe pada air yang dikondisikan akan sangat mempengaruhi terhadap penyerapan besi(Fe) dalam air.

Efisiensi Penurunan Tembaga (Cu) pada Adsorban

Hasil dari kadar tembaga (Cu) yang diperoleh dari air limbah di lokasi penelitian adalah sebesar 2,1173 ppm. Hasil dari penurunan kadar tembaga (Cu) dan presentase penurunan kadar tembaga (Cu) setelah dikontakkan dengan arang aktif sebanyak 50 gram dengan divariasikan activator NaOH yakni: 2,5N, 5N dan 7,5N dengan proses adsorpsi selama 7 jam dengan suhu 700 °C sesuai dengan waktu kontak dapat dilihat pada **Tabel 4**

Tabel 4. Presentase Penurunan Kadar Tembaga (Cu) Setelah di Kontakkan dengan Karbon Aktif Sebanyak 50 gram

No	Kadar tembaga (Cu) Sebelum Kontak (ppm)	Penurunan Kadar tembaga (Cu) (ppm)			Presentase Penurunan Kadar tembaga (Cu) (%)		
		2,5N	5N	7,5N	2,5N	5N	7,5N
1	2,1173	1,9218	1,8212	1,7189	9,23	13,98	18,81



Gambar 4. Grafik Penurunan Kadar tembaga (Cu) Setelah di Kontakkan dengan Karbon Aktif

Menurut hasil yang ditunjukkan pada gambar 4 kadar tembaga (Cu) dari air limbah sungai yang dikondisikan diperoleh hasil sebesar 2,1173 mg/l. Kadar tersebut tidak sesuai dengan PP No. 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Sedangkan yang masih diperbolehkan yakni 1mg/l. Adanya kandungan tembaga di dalam air sebenarnya diperlukan bagi tubuh

karena merupakan unsur yang berguna untuk metabolisme tubuh. sekalipun tembaga (Cu) diperlukan oleh tubuh, jika dalam dosis besar ia dapat menyebabkan mual, muntah, diare, sakit perut dan kram otot perut.

Penurunan kadar tembaga (Cu) dalam sampel air yang dikondisikan terlihat dari hasil pengukuran setelah air tersebut ditambahkan dengan karbon aktif kulit singkong. Dari gambar 4 menunjukkan perubahan setelah diberikan karbon aktif dengan divariasikan activator NaOH yakni: 2,5N, 5N dan 7,5N, hasil pemeriksaan air menunjukkan adanya penurunan kadar tembaga (Cu). yaitu (1,9218 mg/l), (1,8212mg/l) dan (1,7189 mg/l) dengan persentase penurunan sebesar (9,23 %), (13,98%) dan (18,81%).

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh penurunan kadar tembaga (Cu) setelah disaring dengan arang aktif kulit singkong dengan suhu 700 °C dengan konsentrasi NaOH sebesar : 2,5N, 5N dan 7,5N yaitu (1,9218 mg/l), (1,8212 mg/l) dan (1,7189 mg/l). Dimana pengurang kadar tembaga tertinggi menggunakan konsentrasi NaOH 7,5N, hal ini menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang digunakan dan lamanya waktu perendaman arang aktif yang digunakan untuk menyerap tembaga (Cu) pada air yang dikondisikan akan sangat mempengaruhi terhadap penyerapan tembaga (Cu) dalam air.

Kesimpulan

Berdasarkan kualitas air sungai di Jalan Perintis Kecamatan Padang Timur Kota Padang, diketahui bahwa air sungai yang berdekatan dengan sumber pencemar seperti rumah sakit, toko-toko, industri kecil dan pom besin sehingga menyebabkan menurunkan kualitas air sungai. Dalam hal ini membuat kadar besi dan tembaga dalam air sungai menjadi tinggi dengan nilai kadar besi 4,2593 mg/l dan kadar tembaga 2,1173 mg/l, sehingga melewati batas normal yang telah ditentukan yaitu > 1 mg/l.

Berdasarkan analisis pengaruh variasi konsentrasi NaOH yang tepat sebagai activator karbon aktif kulit singkong terhadap kualitas adsorben yaitu NaOH 7,5N karena kadar abu, kadar air dan daya serap iodin yang dihasilkan karbon aktif dari kulit singkong telah memenuhi standar kualitas arang aktif berbentuk serbuk menurut SNI 06-3730-1995 dengan pengurangan nilai kadar besi 1,8563 mg/l dan kadar tembaga 1,7189 mg/l.

Efektivitas karbon aktif buatan yang terbuat dari kulit singkong dapat penyisihan Fe dan Cu menggunakan varian konsentrasi NaOH 2,5N, 5N dan 7,5N dalam air sungai secara berturut-turut menyisakan sebanyak (3,8704 mg/l), (2,8148 mg/l) dan (1,8563 mg/l) dan (1,9218 mg/l), (1,8212 mg/l) dan (1,7189 mg/l). Dimana pengurang kadar besi dan tembaga tertinggi menggunakan konsentrasi NaOH 7,5N dengan persentase pengurangan (Fe) 56,42% dan Cu sebesar 18,81%, hal ini menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang digunakan dan lamanya waktu perendaman arang aktif yang digunakan untuk menyerap besi (Fe) dan tembaga (Cu) pada air yang dikondisikan akan sangat mempengaruhi terhadap penyerapan besi (Fe) dan tembaga (Cu) dalam air.

Daftar Pustaka

Damayanti, K. I., & Hermawan, R. (2021). Sintesis Arang Aktif Dari Kulit Singkong Sebagai Adsorben Ion Fe. *Jurnal Chemtech*, 7(1), 13–16. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
PP. No. 22. Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 483 (2021).

- Ishak, N. I., Mahmudah, Kasman, Ishak, E., Effendy, I. J., & Fekri, L. (2023). Analisis Kandungan Logam Berat Pada Air Sungai Martapura, Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2022. *JSIPi (Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan) (Journal Of Fishery Science and Innovation)*, 7(1), 35–41. <https://doi.org/10.33772/JSIPI>
- Kosim, M. E., Siskayanti, R., Prambudi, D., & Rusanti, W. D. (2022). Perbandingan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif dari Kulit Singkong dengan Karbon Aktif Komersil Terhadap Logam Tembaga dalam Limbah Cair Elektroplating. *Jurnal Redoks*, 7(1), 36–47. <https://doi.org/10.31851/REDOKS.V7I1.6637>
- Masrullita, M., Wijaya, Y. A., Sylvia, N., & Safriwardy, F. (2021). Efektivitas Karbon Aktif Kulit Singkong (Manihot Esculenta Crantz) Terhadap Adsorpsi Ion Logam Fe²⁺ Dengan Aktivator NaOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), 83–91. <https://doi.org/10.29103/JTKU.V10I2.5550>
- Nisya, R. A., Pribadi, A., Widayanti, L. P., Yusrianti, & Auvaria, S. W. (2022). Penyisihan Kadar Seng (Zn) dengan Bioadsorben Kulit Singkong Menggunakan Sistem Kontinyu. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 14(1), 65–77. <https://doi.org/10.20885/JSTL.VOL14.ISS1.ART9>
- Ofiyen, C., & Puryanti, D. (2022). Penentuan Kualitas Air Muara Sungai Batang Arau Melalui Pengujian Total Dissolved Solid (TDS), Total Suspended Solid (TSS), dan Kandungan Logam Berat. *Jurnal Fisika Unand*, 11(3), 278–284. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.3.278-284.2022>
- Puspitasari, M., Nandari, W. W., & Hadi, F. (2022). Comparison of the Use of NaOH and KOH Activators in the Manufacture of Activated Carbon from Cassava Peel (Manihot utilissima). *Eksergi*, 19(2), 58–62. <https://doi.org/10.31315/E.V19I2.7245>
- Schröder, E., Thomauske, K., Weber, C., Hornung, A., & Tumiatti, V. (2007). Experiments on the generation of activated carbon from biomass. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 79(1–2), 106–111. <https://doi.org/10.1016/J.JAAP.2006.10.015>
- Setiawan, A., Rahmadania, A. N., & Mayangsari, N. E. (2021). Adsorpsi Cu(II) Menggunakan Zeolit Sintesis Kombinasi Abu Terbang dan Abu Dasar dengan Variasi Waktu Aging. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 15(1), 113–124. <https://doi.org/10.26578/JRTI.V15I1.6889>
- Yanti, R. P., & Afdal. (2021). Identifikasi Pencemaran Logam Berat pada Sedimen Sungai Batang Arau Kota Padang Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik. *Jurnal Fisika Unand*, 10(2), 248–254. <https://doi.org/10.25077/jfu.10.2.248-254.2021>