

KEMAMPUAN MEDIA KARBON AKTIF PELEPAH PISANG SEBAGAI ADSORBEN PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI ELEKTROPLATING

ADSORPTIVE PERFORMANCE OF BANANA PSEUDOSTEM-BASED ACTIVATED CARBON FOR ELECTROPLATING WASTEWATER TREATMENT

Hani Bagus Firnanda¹, Evy Hendriarianti², Sudiro³

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Bendungan Sigura-gura No.2, Sumbersari, Lowokwaru, Kota Malang

Email: ¹⁾ hanibagusf@gmail.com, ²⁾ evyhendriarianti@lecturer.itn.ac.id,

³⁾ sudiro_enviro@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK: Pencemaran lingkungan akibat limbah cair dari proses elektroplating menjadi salah satu masalah yang serius. Hal ini disebabkan oleh kandungan logam berat berbahaya seperti Tembaga (Cu) dan Nikel (Ni) yang ada pada limbah cair industri elektroplating. Salah satu metode yang efisien dalam mendegradasi logam berat adalah adsorpsi dengan memanfaatkan karbon aktif pelepah pisang sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan menganalisis kemampuan karbon aktif pelepah pisang sebagai adsorben dalam menurunkan konsentrasi Total Suspended Solid (TSS), Tembaga (Cu), dan Nikel (Ni) pada limbah cair elektroplating. Metode pengaliran menggunakan sistem batch dengan variasi massa adsorben (2,5 gr dan 5 gr) serta waktu kontak (30, 60, dan 120 menit). Hasil menunjukkan efisiensi penyisihan tertinggi dicapai pada massa adsorben 5 gr dan waktu kontak 120 menit. Efisiensi TSS sebesar 80%, Cu sebesar 90,1%, dan Ni sebesar 71%. Adsorben diuji penggunaannya hingga tiga kali siklus, dan tetap menunjukkan efektivitas yang relatif stabil. Karbon aktif pelepah pisang dapat digunakan sebagai alternatif adsorben yang efisien dan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah cair industri elektroplating.

Kata Kunci: Adsorpsi, Karbon Aktif, Nikel, Pelepah Pisang, Tembaga, TSS

ABSTRACT: Environmental pollution caused by wastewater from the electroplating process has become a serious issue. This is due to the presence of hazardous heavy metals such as Copper (Cu) and Nickel (Ni) in the wastewater produced by the electroplating industry. One of the efficient and economical methods for reducing heavy metal content is the adsorption method using activated carbon from banana pseudostem as an adsorbent. This study aims to analyze the effectiveness of activated carbon derived from banana pseudostem as an adsorbent in reducing concentrations of Total Suspended Solids (TSS), Cu, and Ni in electroplating wastewater. The adsorption process was conducted in a batch system with variations in adsorbent mass (2.5 g and 5 g) and contact time (30, 60, and 120 minutes). The highest removal efficiency was achieved at 5 g adsorbent and 120 minutes of contact time. The removal efficiency for TSS was 80%, Cu at 90.1%, and Ni at 71%. The adsorbent was reused for three cycles and maintained relatively stable performance. Banana stem activated carbon can be used as an efficient, economical, and environmentally friendly adsorbent alternative for the treatment of liquid waste in the electroplating industry.

Keywords: Activated Carbon, Adsorption, Banana Pseudo stem, Copper, Nickel, TSS

PENDAHULUAN

Elektroplating merupakan proses melapisi permukaan logam dengan bantuan arus listrik dan senyawa kimia tertentu, yang bertujuan untuk memindahkan partikel logam pelapis ke permukaan material yang akan dilapisi (Dwiratna *et al.*, 2022). Pencemaran lingkungan akibat limbah cair dari proses elektroplating menjadi salah satu masalah yang serius. Hal ini disebabkan oleh kandungan *Total suspended Solid* (TSS), serta logam berat berbahaya seperti Tembaga (Cu) dan Nikel (Ni) yang ada pada limbah cair industri elektroplating (Elystia *et al.*, 2021).

Adsorben kulit pisang kepok untuk menurunkan kadar logam Tembaga (Cu) dapat mengadsorpsi 0,0654 mg/g dari 0,0654 mg/g dengan efisiensi sebesar 80% (Anetha, 2021). Selain itu, karbon aktif yang dihasilkan dari kulit pisang kepok pada kondisi tersebut mampu menurunkan kandungan logam Nikel pada larutan NiSO₄ sampai 100% (Sa'diyah *et al.*, 2020). Menurut Suhadima dan Sutapa (2021), karbon aktif batang pisang sebagai adsorben pada pengolahan limbah cair batik mampu menurunkan kadar TSS 43,78%. Pada penggunaan ulang adsorben, adsorben kulit pisang alami dapat digunakan ulang lebih dari tiga kali siklus dengan efisiensi yang relatif stabil (Akpomie dan Conradie, 2020). Limbah cair elektroplating memiliki kandungan TSS sebesar 65 mg/l, Tembaga (Cu) sebesar 29,6 mg/l, dan Nikel (Ni) sebesar 11 mg/l. Hasil analisa menunjukkan parameter yang diuji tidak memenuhi standar baku mutu yang dimuat dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021.

Berdasarkan penelitian terdahulu bahwa kandungan pada pelepah pisang terdapat komposisi kimia yaitu berupa selulosa. Selulosa berfungsi sebagai pengikat kontaminan dalam proses adsorpsi. maka penelitian perlu dilakukan dengan tujuan untuk penurunan kadar TSS, ion logam berat Tembaga (Cu), dan Nikel (Ni) pada suatu pabrik industri elektroplating menggunakan alternatif adsorben karbon aktif pelepah pisang dengan variasi massa adsorben dan waktu kontak.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen terhadap bahan penelitian yaitu limbah cair industri elektroplating. Limbah cair elektroplating diolah dengan metode adsorpsi menggunakan pelepah pisang sebagai adsorben, dengan variasi massa adsorben (2,5 gr dan 5 gr) serta waktu kontak (30, 60, dan 120 menit). Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2024-Januari 2025. Sampel limbah cair diambil dari salah satu industri pelapisan logam yang terletak di Kelurahan Bandulan, Kota Malang. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

Alat yang digunakan untuk penelitian ini yaitu *beaker glass* 1000 ml, alat pembuatan adsorben (Oven, pisau, nampan, furnace, mortar dan alu, neraca analitik) jar test, neraca analitik, ayakan 100 mesh, *stopwatch*, dan spektrofotometer uv-vis. Bahan yang digunakan yaitu pelepah pisang, limbah cair elektroplating, dan kertas saring. Proses adsorpsi diawali dengan pembuatan adsorben karbon pelepah pisang. Proses pembuatan karbon sebagai berikut: 1.) Batang pisang dikupas, dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 1 jam. 2.) Pelepah pisang yang sudah kering dibakar dalam tanur pada suhu 400 °C selama 30 menit. 3.) Karbon didinginkan, dihancurkan, dan diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Jika pembuatan karbon selesai, dapat dilanjutkan proses aktivasi karbon, dengan langkah-langkah sebagai berikut: 1.) 100 gram karbon direndam dalam 500 ml larutan H₃PO₄ 20% selama 24 jam. 2.) karbon disaring dan dibilas dengan akuades hingga pH netral. 3.) Residu yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 3 jam dan didinginkan di dalam desikator. Setelah pembuatan adsorben selesai, maka proses adsorpsi dapat dimulai dengan langkah-langkah sebagai berikut: 1.) Adsorben dimasukkan kedalam *beaker glass* dengan variasi massa adsorben 2 gr dan 5 gr. 2.) Air limbah elektroplating sebanyak 25 ml dimasukkan kedalam *beaker glass*. 3.) Sampel diaduk dengan menggunakan jar test, dengan kecepatan pengadukan 200 rpm dan waktu kontak selama 30, 60, 120 menit. 4.) sampel didiamkan selama 60 menit untuk memisahkan partikel adsorben yang telah terisi dengan kontaminan dari larutan. 5.) Uji karakteristik air limbah terhadap parameter TSS, Cu, Ni. Adsorben bekas pengolahan disaring,

dikumpulkan, dan dicuci menggunakan akuades hingga pH menjadi netral dan dipakai kembali untuk proses adsorpsi selanjutnya dengan air limbah baru. Proses ini dilakukan secara berulang sebanyak tiga kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis awal terhadap limbah cair electroplating bertujuan untuk mengetahui karakteristik awal limbah, sebelum dilakukam proses adsorpsi menggunakan adsorben dari pelepah pisang. Hasil analisis awal karakteristik limbah cair electroplating dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Awal Limbah Cair Elektroplating

Parameter	Hasil	Baku Mutu
TSS	65 mg/l	100 mg/l
Cu	29,6 mg/l	40 mg/l
Ni	11 mg/l	100 mg/l
pH	2,93	6-9

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium, 2025

Berdasarkan Tabel 1, menunjukkan bahwa karakteristik awal limbah elektroplating melebihi baku mutu terhadap pembuangan dan atau pemanfaatan lebih lanjut sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada baku mutu air sungai kelas 3.

Penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS) Operasional Pertama

Tabel 2. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan TSS Pada Limbah Cair electroplating pada operasional pertama.

Dosis	Waktu Kontak	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
2,5 gr	30 mnt	30 mg/l	53,8%
2,5 gr	60 mnt	27 mg/l	58,5%
2,5 gr	120 mnt	24 mg/l	63,1%
5 gr	30 mnt	17 mg/l	73,8%
5 gr	60 mnt	14 mg/l	78,5%
5 gr	120 mnt	13 mg/l	80,0%

Penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS) Operasional Kedua

Tabel 3. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan TSS Pada Limbah Cair electroplating pada operasional kedua.

Dosis	Waktu Kontak	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
2,5 gr	30 mnt	32 mg/l	50,8%
2,5 gr	60 mnt	30 mg/l	53,8%
2,5 gr	120 mnt	25 mg/l	61,5%

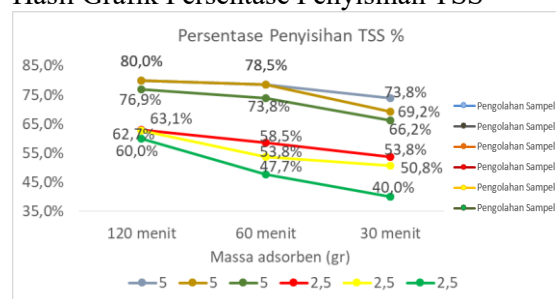
5 gr	30 mnt	20 mg/l	73,8%
5 gr	60 mnt	14 mg/l	69,2%
5 gr	120 mnt	13 mg/l	80,0%

Penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS) Operasional Ketiga

Tabel 4. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan TSS Pada Limbah Cair electroplating pada operasional ketiga.

Dosis	Waktu Kontak	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
2,5 gr	30 mnt	39 mg/l	40,0%
2,5 gr	60 mnt	34 mg/l	47,7%
2,5 gr	120 mnt	26 mg/l	60,0%
5 gr	30 mnt	22 mg/l	66,2%
5 gr	60 mnt	17 mg/l	73,8%
5 gr	120 mnt	15 mg/l	76,9%

Hasil Grafik Persentase Penyisihan TSS



Gambar 1 Grafik Persentase Penyisihan TSS

Berdasarkan table 2, 3, dan 4 bahwa penyisihan tertinggi pada operasional pertama hingga ketiga diperoleh pada penggunaan massa adsorben sebesar 5 gram dan waktu kontak selama 120 menit, dengan persentase penyisihan mencapai 80,0%. Penyisihan terjadi karena massa karbon aktif yang semakin banyak sehingga luas permukaan dan jumlah pori-pori dapat menyerap adsorbat (Khairuddin *et al.*, 2022). Menurut Kurniawati dan Sanuddin (2020), proses adsorpsi telah mendekati titik kejenuhan, namun waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik kesetimbangan cukup lama.

Perbedaan penyisihan TSS pada setiap operasional disebabkan adanya perubahan fisik dan kimia pada adsorben, seperti penyumbatan pori-pori atau perubahan gugus fungsional, yang mengurangi efisiensi penyerapan pada proses adsorpsi (Liu *et al.*, 2021). Setiap kali adsorben digunakan, situs aktif pada permukaan adsorben berinteraksi dengan partikel tersuspensi. Seiring dengan penggunaan berulang, adsorben dapat menjadi

jenuh, mengurangi kemampuan adsorpsi (Benaddi *et al.*, 2020).

Penyisihan kadar TSS terjadi karena muatan positif pada permukaan arang ampas tebu untuk menarik partikel tersuspensi yang bermuatan negatif dalam limbah cair. Proses ini mengarah pada netralisasi muatan, penggumpalan partikel, dan akhirnya pengendapan, sehingga mengurangi konsentrasi TSS (Dwiratna *et al.*, 2022; Purnama dan Santoso, 2024). Secara kimiawi, ampas tebu dan pelepah pisang memiliki kesamaan komposisi yang terdiri dari selulosa, lignin, pentosa, dan abu (Dwiratna *et al.*, 2022; Rofikoh *et al.*, 2024). Selulosa adalah senyawa organik yang mengandung gugus OH. Ketika dipanaskan pada suhu tinggi, gugus OH tersebut akan melepaskan atom oksigen dan hidrogen, meninggalkan atom karbon (Primastiyaningayu *et al.*, 2024), yang mana karbon berperan penting pada proses adsorpsi (Dwiratna *et al.*, 2022).

Hasil setelah pengolahan TSS limbah cair electroplating pada penelitian ini sebesar 13 mg/l, menunjukkan konsentrasi TSS telah memenuhi baku mutu terhadap pembuangan dan atau pemanfaatan lebih lanjut sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada baku mutu air sungai kelas 3, yang mana batas maksimum konsentrasi TSS 50 mg/l

Penyisihan Tembaga (Cu) Operasional Pertama

Tabel 5. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan Cu Pada Limbah Cair electroplating pada operasional pertama.

Dosis	Waktu Kontak	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
2,5 gr	30 mnt	8,00 mg/l	73,0%
2,5 gr	60 mnt	7,43 mg/l	74,9%
2,5 gr	120 mnt	6,81 mg/l	77,0%
5 gr	30 mnt	4,74 mg/l	84,0%
5 gr	60 mnt	4,14 mg/l	86,0%
5 gr	120 mnt	2,93 mg/l	90,1%

Penyisihan Tembaga (Cu) Operasional Kedua

Tabel 6. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan Cu Pada Limbah Cair electroplating pada operasional kedua.

Dosis	Waktu Kontak	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
2,5 gr	30 mnt	8,20 mg/l	72,3%

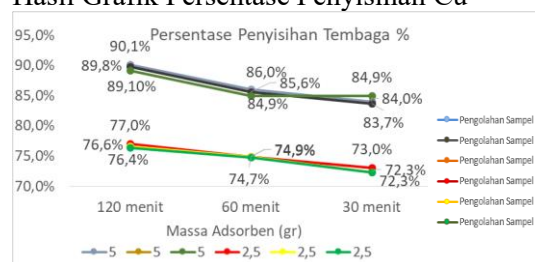
2,5 gr	60 mnt	7,43 mg/l	74,9%
2,5 gr	120 mnt	6,94 mg/l	76,6%
5 gr	30 mnt	4,83 mg/l	83,7%
5 gr	60 mnt	4,27 mg/l	85,6%
5 gr	120 mnt	3,02 mg/l	89,8%

Penyisihan Tembaga (Cu) Operasional Ketiga

Tabel 7. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan Cu Pada Limbah Cair electroplating pada operasional ketiga.

Dosis	Waktu Kontak	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
2,5 gr	30 mnt	8,21 mg/l	70,5%
2,5 gr	60 mnt	7,5 mg/l	72,3%
2,5 gr	120 mnt	6,98 mg/l	74,7%
5 gr	30 mnt	4,91 mg/l	76,4%
5 gr	60 mnt	4,47 mg/l	84,9%
5 gr	120 mnt	3,22 mg/l	89,1%

Hasil Grafik Persentase Penyisihan Cu



Gambar 2 Grafik Persentase Penyisihan Cu

Berdasarkan tabel 5, 6, dan 7 bahwa penyisihan tertinggi pada operasional pertama hingga ketiga diperoleh pada massa adsorben sebesar 5 gram dan waktu kontak 120 menit, dengan persentase penyisihan 90,1%. Penyisihan Tembaga terjadi karena peningkatan jumlah permukaan adsorpsi pada adsorben, sehingga menghilangkan lebih banyak polutan dalam air limbah (Akpomie *et al.*, 2018). Dosis adsorben yang lebih tinggi memberikan lebih banyak permukaan aktif untuk berinteraksi dengan polutan dalam larutan (Ani *et al.*, 2019). Menurut Indah (2020), seiring bertambahnya waktu kontak, peluang partikel adsorben untuk berinteraksi dengan logam berat meningkat. Namun, setelah mencapai waktu kontak tertentu, efisiensi adsorpsi menurun. Penurunan ini disebabkan oleh desorpsi, yaitu pelepasan kembali adsorbat akibat kejenuhan permukaan adsorben. Pada kondisi tersebut, penambahan waktu kontak tidak lagi berpengaruh signifikan.

Menurut Adawiyah (2022), ada beberapa faktor yang menyebabkan penurunan efisiensi penyisihan pada penggunaan berulang adsorben, diantaranya: Penggunaan berulang

pada adsorben dapat menyebabkan perubahan atau penyumbatan pori-pori karbon aktif, mengurangi luas permukaan untuk adsorpsi; ion logam yang telah teradsorpsi dapat terlepas kembali ke dalam larutan, terutama jika kondisi lingkungan berubah (misalnya pH atau suhu), mengurangi efisiensi keseluruhan (desorpsi).

Penyisihan konsentrasi Tembaga terjadi karena adanya interaksi kimia yang mana ion Cu^{2+} berikatan dengan gugus aktif (-OH, -COOH) pada karbon aktif melalui ikatan koordinasi. Interaksi ini memperkuat daya ikat ion logam pada adsorben (Zhu *et al.*, 2021). Namun jika seluruh gugus aktif pada adsorben telah berikatan secara optimal dengan ion logam, maka kekuatan ikatan antara gugus aktif di permukaan adsorben dan ion logam mulai menurun, yang dapat memicu terjadinya proses desorpsi (Pandey *et al.*, 2017).

Hasil setelah pengolahan ion logam Tembaga limbah cair electroplating pada penelitian ini sebesar 2,93 mg/l, menunjukkan konsentrasi Tembaga belum memenuhi baku mutu terhadap pembuangan dan atau pemanfaatan lebih lanjut sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada baku mutu air sungai kelas 3, yang mana batas maksimum konsentrasi Tembaga 0,02 mg/l.

Penyisihan Nikel (Ni) Operasional Pertama

Tabel 8. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan Ni Pada Limbah Cair electroplating pada operasional pertama.

Dosis	Waktu Kontak	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
2,5 gr	30 mnt	4,95 mg/l	55,0%
2,5 gr	60 mnt	4,84 mg/l	56,0%
2,5 gr	120 mnt	4,62 mg/l	58,0%
5 gr	30 mnt	3,85 mg/l	65,0%
5 gr	60 mnt	3,52 mg/l	68,0%
5 gr	120 mnt	3,19 mg/l	71,0%

Penyisihan Nikel (Ni) Operasional Kedua

Tabel 9. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan Ni Pada Limbah Cair electroplating pada operasional kedua.

Dosis	Waktu Kontak	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
2,5 gr	30 mnt	5,0 mg/l	54,5%
2,5 gr	60 mnt	4,92 mg/l	55,3%
2,5 gr	120 mnt	4,73 mg/l	57,0%
5 gr		3,85 mg/l	65,0%

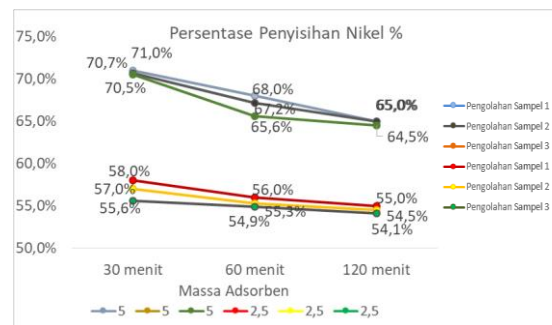
5 gr	30 mnt	3,61 mg/l	67,2%
5 gr	60 mnt	3,22 mg/l	70,7%
	120 mnt		

Penyisihan Nikel (Ni) Operasional Ketiga

Tabel 10. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan Ni Pada Limbah Cair electroplating pada operasional ketiga.

Dosis	Waktu Kontak	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
2,5 gr	30 mnt	5,05 mg/l	54,1%
2,5 gr	60 mnt	4,96 mg/l	54,9%
2,5 gr	120 mnt	4,88 mg/l	55,6%
5 gr	30 mnt	3,9 mg/l	64,5%
5 gr	60 mnt	3,78 mg/l	65,6%
5 gr	120 mnt	3,25 mg/l	70,5%

Hasil Grafik Persentase Penyisihan Ni



Gambar 3 Grafik Persentase Penyisihan Ni

Berdasarkan tabel 8, 9, dan 10 dapat dilihat bahwa penyisihan tertinggi pada operasional pertama hingga ketiga diperoleh pada penggunaan massa adsorben sebesar 5 gram dan waktu kontak selama 120 menit, dengan persentase penyisihan mencapai 71%. Banyaknya adsorben yang ditambahkan mempengaruhi penyisihan logam. Massa adsorben mempengaruhi luas permukaan yang dapat mempengaruhi kemampuan adsorpsi zat yang diadsorpsi (Amala dan Winarsih, 2024). Selain itu, Semakin berat massa adsorben, semakin banyak jumlah partikel dan luas permukaan yang tersedia, sehingga efisiensi penyerapan juga meningkat (Purnamawati *et al.*, 2023). Waktu kontak yang lama antara adsorben dengan adsorbat maka semakin banyak terbentuk ikatan antara partikel adsorben dengan adsorbat hingga tercapai titik setimbang (Putri *et al.*, 2019).

Penurunan konsentrasi disebabkan oleh proses adsorpsi dan ikatan antara ion logam Ni dengan gugus aktif yang ada pada selulosa. Kehadiran gugus hidroksil (-OH) dalam

struktur selulosa memberikan sifat polar pada adsorben, sehingga terjadi interaksi antara ion Ni dan gugus –OH tersebut. Selain itu, permukaan adsorben yang bermuatan negatif memungkinkan terjadinya interaksi elektrostatik dengan ion logam yang bermuatan positif (Sinuor, 2024). Selain itu, setelah beberapa kali penggunaan, situs aktif pada permukaan karbon aktif dapat jenuh oleh ion logam, mengurangi kapasitas adsorpsi (Adawiyah, 2022).

Hasil setelah pengolahan ion logam Nikel limbah cair elektroplating pada penelitian ini sebesar 3,19 mg/l, menunjukkan konsentrasi Nikel belum memenuhi baku mutu terhadap pembuangan dan atau pemanfaatan lebih lanjut sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada baku mutu air sungai kelas 3, yang mana batas maksimum konsentrasi Nikel 0,05 mg/l.

Kesimpulan

1. Karbon aktif dari pelepah pisang berpotensi sebagai adsorben guna penyisihan konsentrasi TSS dengan efisiensi penyisihan tertinggi sebesar 80%, logam, Cu mencapai 90,1%, dan Ni 71% pada pengolahan sampel pertama air limbah elektroplating.
2. Massa adsorben karbon aktif dan waktu kontak mempengaruhi penyisihan konsentrasi TSS, Cu, dan Ni. Variasi massa karbon aktif terbaik adalah 5 gr dan waktu kontak terbaik adalah 120 menit.
3. Konsentrasi awal TSS sebelum pengolahan sampel adalah 65 mg/l dan setelah pengolahan sampel pertama menjadi 13 mg/l, kedua menjadi 13 mg/l, dan ketiga menjadi 15 mg/l. Sedangkan untuk konsentrasi awal logam Nikel adalah 11 mg/l dan setelah pengolahan sampel pertama menjadi 3,22 mg/l, kedua menjadi 3,22 mg/l, dan ketiga menjadi 3,25 mg/l. Untuk konsentrasi awal logam Tembaga adalah 29,6 mg/l dan setelah pengolahan sampel pertama menjadi 2,93 mg/l, kedua menjadi 3,02 mg/l, dan ketiga menjadi 3,22 mg/l. Semua penyisihan konsentrasi tertinggi terjadi pada variasi massa adsorben karbon aktif pelepah pisang 5 gr dan waktu kontak 120 menit
4. Karbon aktif pelepah pisang berpotensi dapat digunakan berulang hingga 3 kali

operasional sebelum mencapai titik jenuh.

Saran

1. Melakukan penelitian lanjutan mengenai kemampuan karbon aktif pelepah pisang dalam penggunaan berulang hingga mencapai titik jenuh adsorben.
2. Melakukan penelitian lanjutan dengan pengukuran parameter logam berat lain dan *Total Dissolved Solid* (TDS) pada limbah cair elektroplating menggunakan karbon aktif kulit pelepah pisang.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwiratna, Candra, Setyobudiarso, H., & Agnes, A. T. (2022). Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Media Filter Untuk Menurunkan Nikel, Krom Dan Tss Pada Limbah Cair Elektroplating. *Prosiding SEMSINA*, 3(2), 312-316.
- Elystia, Shinta, Zultiniar Zultiniar, and Juniwarnis Juniwarnis. 2021. Penyisihan Logam Cr Limbah Cair Industri Elektroplating Menggunakan Bionanomaterial Chitosan Limbah Cangkang Kulit Udang. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas* 25(1):25
- Anetha, O. D. (2022). Adsorben Berbahan Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*, L.) Untuk Pengolahan Limbah Cair Laboratorium (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Lampung).
- Sa'diyah, Khalimatus, Cucuk Evi Lusiani, Rosita Dwi Chrisnandari, Wianthi Septia Witasari, Diah Lailatul Aula, and Sinta Triastutik. 2020. Pengaruh Proses Aktivasi Kimia Terhadap Karakteristik Adsorben Dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata* L.). *Jurnal Chemurgy* 4(1):18.
- Suhadisma, Ajian and J. P. Gentur Sutapa. 2021. Pemanfaatan Limbah Batang Pisang Kepok (*Musa Acuminata*) Sebagai Bahan Pembuatan Arang Aktif. Universitas Gadjah Mada
- Akpomie, Kovo G. and Jeanet Conradie. 2020. "Banana Peel as a Biosorbent for the Decontamination of Water Pollutants. A Review." *Environmental Chemistry Letters* 18(4):1085–1112.

- Khairuddin, Khairuddin, Muhammad Yamin, and Kusmiyati Kusmiyati. 2021. "Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Bandeng (Chanos Chanos Forsk) Yang Berasal Dari Kampung Melayu Kota Bima." *Jurnal Pijar Mipa* 16(1):97–102.
- Kurniawati, E., & Sanuddin, M. (2020). Metode filtrasi dan adsorpsi dengan variasi lama kontak dalam pengolahan limbah cair batik. *Riset Informasi Kesehatan*, 9(2), 126-133.
- Liu, W., Zhang, Y., Wang, S., Bai, L., Deng, Y., & Tao, J. (2021). Effect of pore size distribution and amination on adsorption capacities of polymeric adsorbents. *Molecules*, 26(17), 5267
- Benaddi, R., Aziz, F., El Harfi, K., & Ouazzani, N. (2021). Adsorption And Desorption Studies Of Phenolic Compounds On Hydroxyapatite-Sodium Alginate Composite. *Desalination And Water Treatment*, 220, 297-308.
- Purnama, H. (2024). Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Konsentrasi Aktivator Arang Tempurung Kelapa Pada Proses Koagulasi-Adsorpsi Limbah Laundry. *Chemtag Journal Of Chemical Engineering*, 5(1), 25-33.
- Rofikoh, Vina, Badrus Zaman, and Budi Prasetyo Samadikun. 2024. "Utilization of Banana Peels as Active Carbon for Pollutant Removal in Wastewater." *Jurnal Kesehatan Lingkungan: Jurnal Dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan* 21(1):97–102.
- Primastiyaningayu, Andini, Erika Indri Rismala, and Nurul Widji Triana. 2024. "Sintesa Dan Karakteristik Karbon Aktif Dari Batang Pisang Kepok (*Musa Acuminata*) Sebagai Adsorben Pada Penjernihan Minyak Goreng Bekas." *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia* 8(2):83–90.
- Ani, J. U., Ochonogor, A. E., Akpomie, K. G., Olikagu, C. S., & Igboanugo, C. C. (2019). Abstraction of arsenic (III) on activated carbon prepared from Dialium guineense seed shell: kinetics, isotherms and thermodynamic studies. *SN Applied Sciences*, 1(10), 1304.
- Indah, D. R. (2020). Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Pada Karbon Baggase Teraktivasi Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Ilmiah IKIP Mataram*, 7(1), 20-28.
- Adawiah, S. R. (2022). Modifikasi Karbon Aktif Menggunakan Biopolimer Kitosan Sebagai Adsorben Ion Logam Berat Timbal, Kadmium, Dan Tembaga (*Doctoral dissertation, UIN Sunan Gunung Djati Bandung*).
- Zhu, J., Luo, G., Xi, X., Wang, Y., Selvaraj, J. N., Wen, W., ... & Wang, S. (2021). Cu²⁺-modified hollow carbon nanospheres: an unusual nanozyme with enhanced peroxidase-like activity. *Microchimica Acta*, 188(1), 8.
- Pandey, M., Tiwari, B. K., Sharma, A., & Yadav, S. K. A. 2017. Review on Potential Usage of Modified Agro Waste Adsorbents for Binding Pb (II), Hg (II) & Cr (VI) Ions from Aqueous Solutions. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 6, Issue 10.
- Amala, W. N., & Winarsih, W. (2024). Potensi Kulit Pisang Kepok dan Sabut Kelapa sebagai Biosorben Logam Berat Pb di Air. *Jurnal LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 13(3), 368-376.
- Purnamawati, A. E., & Rusdiyana, D. N. A. (2023). Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu (II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo (*Doctoral dissertation, UPN Veteran Jawa Timur*).
- Putri, A. A., P. Anjarwati, MAMS Putra, and D. O. Radianto. 2023. "Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Air Kolam Uji PPNS Dengan Metode Spektrofotometri." *Koloni* 2(2):281–87.
- Purwitasari, Diaz Galuh, Rahma Tussania, and Rif'an Fathoni. 2022. Adsorpsi Logam Kadmium (Cd) Pada Kadmium Sulfat (Cdso₄) Menggunakan Batang

Pohon Pisang Sebagai Adsorben. Jurnal Chemurgy 6(1):52.

Sinuor, A. T. M. (2024). Pemanfaatan Kulit Jeruk Sebagai Adsorben Dalam Menurunkan Kadar Kromium dan Nikel Pada Limbah Cair Elektroplating (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).