

## ADSORPSI LOGAM TIMBAL PADA LIMBAH CAIR ARTIFISIAL MENGGUNAKAN ARANG AKTIF ECENG GONDOK

Fanny Feby Andarista\*, Mukhammad Miftakhul Huda, Retno Dewati

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
Jalan Raya rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya Jawa Timur 60294, Telp. (031) 87062179

\*Penulis korespondensi: fanyfeby23@gmail.com

### Abstrak

Meningkatnya pembangunan di bidang industri menyebabkan peningkatan jumlah limbah cair yang dihasilkan. Salah satu polutan berbahaya yang terkandung dalam limbah cair adalah logam berat Timbal (Pb). Mengingat bahaya yang diakibatkan oleh logam timbal, maka dilakukan upaya untuk menurunkan kadar logam timbal dengan proses adsorpsi. Eceng gondok merupakan tumbuhan yang sering dianggap sebagai gulma, namun memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu sebesar 60%. Dalam penelitian ini, eceng gondok dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan arang-aktif, dimana arang aktif tersebut digunakan sebagai adsorben dalam proses-adsorpsi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan arang aktif eceng gondok dalam mengadsorpsi logam berat timbal pada limbah cair artifisial. Pada proses pembuatan arang aktif, eceng gondok dikarbonisasi pada suhu 300°C selama 30 menit. Arang kemudian diaktivasi dengan Zink Klorida guna meningkatkan kemampuan penyerapan. Proses adsorpsi dilakukan dengan menambahkan arang aktif ke dalam limbah cair artifisial dengan variabel massa adsorben 1, 2, 3, 4, 5 gram dan waktu pengontakan 30, 60, 90, 120, 150 menit. Hasil analisis metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) diperoleh persentase penyerapan timbal terbaik yaitu sebesar 99,99% pada penambahan massa adsorben 4 gram dengan waktu pengontakan 150 menit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar massa adsorben dan waktu pengontakan maka semakin tinggi persentase penyerapan timbal.

**Kata kunci:** adsorpsi; arang aktif; eceng gondok; limbah artifisial; logam timbal

## ADSORPTION OF LEAD IN ARTIFICIAL LIQUID WASTE USING WATER HYACINTH ACTIVATED CHARCOAL

### Abstract

The growth of the industrial sector has led to an increase in the generation of liquid waste, with one of the hazardous contaminants being lead (Pb). Due to the severe risks associated with lead, there have been endeavors to reduce lead levels through the process of adsorption. Hyacinth, a plant known for its high cellulose content of 60%, is employed in this study to produce activated charcoal. The primary objective of this research is to assess the effectiveness of hyacinth-derived activated charcoal in adsorbing heavy metals, specifically lead, from simulated liquid waste. To achieve this, the hyacinth undergoes carbonization at a temperature of 300°C for 30 minutes, followed by activation with Zinc Chloride. The adsorption process entails introducing activated charcoal into artificial liquid waste, varying the adsorbent mass from 1 to 5 grams, and employing contact times of 30, 60, 90, 120, and 150 minutes. The analysis conducted via AAS (Atomic Absorption Spectroscopy) revealed that the highest lead absorption percentage, reaching 99.99%, occurred when 4 grams of adsorbent were added, with a contact time of 150 minutes. This suggests that increasing the quantity of adsorbent and the duration of contact leads to a higher rate of lead adsorption.

**Keywords:** adsorption; activated charcoal; water hyacinth; artifisial waste; lead metal

### PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas pembangunan di sektor industri telah menyebabkan peningkatan produksi limbah cair. Salah satu jenis polutan yang paling perlu

diperhatikan dalam upaya pengelolaan lingkungan adalah logam berat. Salah satu contoh logam berat yang menjadi perhatian adalah timbal (Pb), yang dikenal sebagai zat pencemar berbahaya yang sering ditemukan dalam limbah industri. Jika kadar logam

berat seperti timbal dalam limbah ini melebihi batas yang ditetapkan, akan membahayakan lingkungan (Sylvia, 2017). Timbal (Pb) adalah jenis logam berat dengan tingkat toksisitas yang sangat tinggi bagi makhluk hidup. Sumber utama timbal ini dalam lingkungan berasal dari berbagai aktivitas seperti penggunaan bahan bakar, pembuatan baterai, proses pengecoran, industri pemurnian, dan sektor industri kimia lainnya.

Ketika logam berat seperti timbal dilepaskan langsung ke lingkungan tanpa adanya tindakan pengendalian, hal tersebut dapat berpotensi merugikan makhluk hidup. Misalnya, keberadaan senyawa atau ion timbal (Pb) dalam air dapat menyebabkan kematian biota akuatik. Selain itu, logam timbal (Pb) juga dapat memiliki dampak negatif pada kesehatan manusia, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Dampak akut dari paparan timbal meliputi gejala seperti sakit kepala, hilangnya nafsu makan, hipertensi, gangguan fungsi ginjal, dan bahkan halusinasi. Sementara dampak jangka panjang dapat mencakup masalah seperti keterbelakangan mental, autisme, cacat lahir, kelumpuhan, kerusakan otak dan ginjal, bahkan hingga kematian. (Adhani, 2017).

Untuk mengatasi masalah ini, beberapa strategi telah diuji coba untuk menghilangkan logam berat yang terkandung dalam limbah, termasuk proses adsorpsi, pertukaran ion, dan pemisahan membran. Di antara berbagai teknik ini, proses adsorpsi merupakan yang paling umum digunakan dalam industri, karena proses ini dianggap lebih praktis, mampu menghilangkan bahan-bahan organik, dan juga tidak menimbulkan efek samping beracun (Ajeng, 2013).

Adsorpsi sendiri adalah suatu proses di mana zat tertentu menempel pada permukaan suatu bahan adsorben karena adanya gaya tarik antara molekul padatan dan molekul zat yang teradsorpsi atau melalui interaksi kimia. Zat yang teradsorpsi disebut adsorbat, sedangkan bahan yang melakukan penyerapan disebut adsorben. Proses adsorpsi terjadi karena molekul-molekul pada permukaan adsorben memiliki gaya tarik yang tidak seimbang dan cenderung tertarik ke dalam, sehingga dapat menarik zat lain yang bersentuhan dengan permukaannya dan membentuk lapisan tipis yang melapisi permukaan adsorben. Ketika larutan berkontak dengan adsorben padat, molekul-molekul adsorbat berpindah dari larutan ke padatan hingga mencapai kesetimbangan, yang disebut kesetimbangan adsorpsi (Kurniawan, 2015).

Tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan tumbuhan air mengapung yang memiliki tingkat pertumbuhan yang sangat cepat. Dalam konteks ini, tumbuhan ini sering dianggap sebagai gulma yang dapat mengganggu ekosistem perairan. Eceng gondok mampu menyebar dengan cepat di berbagai area perairan, menutupi permukaan air, sehingga mengurangi intensitas cahaya yang masuk

ke dalam air. Hal ini berdampak pada penurunan kadar oksigen dalam air dan menghambat kemampuan organisme lain untuk bertahan hidup di dalamnya (Nurhilal, 2020).

Selain itu, eceng gondok memiliki potensi untuk digunakan sebagai agen penyerap logam berat, zat organik, dan zat anorganik. Tumbuhan ini memiliki tinggi kandungan selulosa sebesar 60%, lignin sekitar 17%, serta hemiselulosa sekitar 8%. Komposisi lainnya mencakup sekitar 15-18% serat, 17,2% protein kasar, dan sekitar 16-20% abu yang mengandung berbagai unsur seperti mangan, kalsium, kalium, belerang, dan karbon. Oleh karena itu, eceng gondok sering digunakan untuk mengurangi kadar logam berat dalam limbah dan air dengan mengubahnya menjadi arang aktif melalui proses aktivasi yang beragam. Beberapa contoh logam berat yang dapat diserap oleh arang aktif yang berasal dari eceng gondok adalah  $Pb^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , dan  $Cu^{2+}$  (Nuria, 2020).

Arang aktif atau karbon aktif merupakan salah satu jenis adsorben yang sering digunakan dalam proses adsorpsi untuk mengurangi konsentrasi logam berat dalam air limbah. Arang aktif, juga dikenal sebagai karbon aktif, adalah padatan berpori yang dihasilkan dengan memanaskan bahan yang mengandung karbon pada suhu tinggi. Proses aktivasi bertujuan untuk membuka pori-pori dalam bahan tersebut, sehingga meningkatkan kemampuan penyerapan. Arang aktif dapat menyerap baik molekul kation maupun anion, senyawa organik dan anorganik, serta gas (Austin, 1984)..

Proses pembuatan arang aktif melibatkan beberapa langkah, termasuk dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Langkah pertama adalah dehidrasi, di mana bahan baku dipanaskan dalam oven pada suhu  $170^{\circ}C$  untuk menghilangkan sisa air. Selanjutnya, proses karbonisasi melibatkan pemanasan bahan organik pada suhu tertentu dengan jumlah kecil oksigen, biasanya dalam tungku. Karbonisasi ini biasanya dilakukan pada suhu di atas  $400^{\circ}C$ , walaupun suhu dapat bervariasi tergantung pada jenis bahan dasar dan metode aktivasi yang digunakan. Aktivasi adalah langkah penting untuk membentuk pori-pori baru pada arang aktif. Ada dua jenis aktivasi yang umum, yaitu aktivasi fisika yang menggunakan gas pengoksidasi seperti  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ , dan aktivasi kimia yang melibatkan zat kimia seperti  $H_3PO_4$ ,  $NH_4Cl$ ,  $HNO_3$ ,  $KOH$ ,  $NaOH$ ,  $ZnCl_2$ ,  $H_2SO_4$ , atau  $K_2S$  (Lempang, 2014). Kualitas arang aktif dapat ditentukan berdasarkan persyaratan yang tercantum dalam standar seperti badan Standardisasi Nasional Indonesia (SNI)06-3730-1995 mengenai karakteristik standar arang aktif.

Sejumlah faktor memiliki potensi untuk memengaruhi proses adsorpsi dalam konteks penelitian ini. Faktor-faktor ini meliputi metode pengadukan yang digunakan, luas permukaan adsorben, sifat adsorbat, suhu operasi, massa

adsorben yang digunakan, serta waktu kontak antara adsorben dan adsorbat. Kecepatan adsorpsi dapat dipengaruhi oleh karakteristik sistem pencampuran yang digunakan. Dalam situasi dimana pencampuran berlangsung secara perlahan, proses interaksi adsorpsi cenderung juga berlangsung dengan lambat. Namun, dalam kasus sebaliknya dimana proses pencampuran terjadi secara cepat, ada kemungkinan bahwa struktur adsorben dapat mengalami kerusakan, yang dapat mengakibatkan kurangnya efisiensi dalam siklus adsorpsi. Oleh karena itu, penting untuk mencapai tingkat pencampuran yang tepat agar proses adsorpsi berjalan dengan baik (Syauqiah, 2011). Salah satu aspek kunci dari adsorben adalah luas permukaannya. Karena luas permukaan adsorben berkaitan dengan ukuran pori, semakin besar luas permukaan adsorben, semakin banyak zat yang dapat teradsorpsi. Dalam hal ini, ukuran pori yang ada dalam adsorben memainkan peran penting dalam menentukan kapasitas adsorben dalam mengikat ion logam dalam larutan. Semakin besar massa adsorben yang digunakan, semakin besar pula kapasitas adsorben tersebut dalam mengikat ion logam (Pitriani, 2010).

Selain itu, waktu kontak antara adsorben dan adsorbat juga memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil adsorpsi. Ketika waktu kontak diperpanjang, molekul adsorbat memiliki lebih banyak peluang untuk bersentuhan dan berinteraksi satu sama lain. Hal ini dapat memungkinkan terjadinya reaksi adsorpsi secara lebih cepat dan lebih efisien. Dengan kata lain, waktu kontak yang lebih lama dapat meningkatkan efektivitas proses adsorpsi (Pitriani, 2010).

Sejumlah penelitian telah dilakukan dalam rangka eksplorasi pemanfaatan tanaman eceng gondok sebagai adsorben. Salah satu di antaranya adalah studi yang dilakukan oleh Wibowo (2021) yang berfokus pada "Pemanfaatan Eceng Gondok Sebagai Adsorben dengan Perlakuan Awal untuk Reduksi Kandungan Logam Berat Cu". Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan Cu oleh adsorben arang aktif dari eceng gondok dapat mencapai 42,89% ketika konsentrasi aktivator sebesar 3,6M dan waktu kontak adalah selama 80 menit. Dalam konteks ini, dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar Cu yang berhasil dicapai terkait dengan peningkatan konsentrasi aktivator. Ditemukan bahwa konsentrasi Cu dapat dikurangi lebih efektif seiring berlangsungnya waktu di mana arang aktif berada dalam kontak dengan larutan Cu.

Penelitian yang dilakukan oleh Istigharini (2017) juga mengungkapkan bahwa efisiensi penghilangan logam Fe meningkat seiring dengan peningkatan massa adsorben. Efisiensia tertinggi da-

lam penghilangan logam Fe, mencapai 84,67%, tercapai ketika massa adsorben sebanyak 2 gram. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak adsorben berbentuk sabut yang digunakan, semakin tinggi efisiensi dalam menghilangkan ion logam Fe. Penemuan ini terkait dengan peningkatan jumlah situs pengikatan yang tersedia untuk ion logam logam, yang berkorelasi dengan pertambahan jumlah partikel dan luas permukaan adsorben yang digunakan dalam penelitian tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Wibowo pada tahun 2021 mengenai karakteristik arang aktif dari eceng gondok mengungkapkan bahwa kadar air dalam arang aktif ini adalah sebesar 3,3%. Kehadiran kadar air yang signifikan dalam sampel dapat menyulitkan kapasitas penyerapan gas dan cairan oleh karbon aktif. Di sisi lain, eceng gondok arang aktif yang dihasilkan dalam penelitian ini mengandung sekitar 0,83% abu. Hasil ini menunjukkan bahwa arang aktif yang dihasilkan dari eceng gondok memenuhi standar yang ditetapkan dalam SNI No. 06-3730-95, dimana kadar abunya tidak boleh melebihi 10%, dan kadar airnya tidak boleh melebihi 15%.

Dalam studi ini, tanaman eceng gondok telah diidentifikasi sebagai potensial untuk digunakan sebagai adsorben dalam bentuk arang aktif dalam upaya menghilangkan logam berat, seperti timbal (Pb) dari larutan, sebagaimana telah diuraikan sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan arang aktif dari eceng gondok dalam menyerap logam berat dari larutan limbah sintesis. Tahap awal penelitian melibatkan pembuatan adsorben berupa arang aktif dari eceng gondok. Kemudian, eksperimen adsorpsi dilakukan untuk menginvestigasi bagaimana dampak penambahan massa adsorben serta durasi waktu kontak adsorben terhadap kemampuan menyerap logam timbal (Pb).

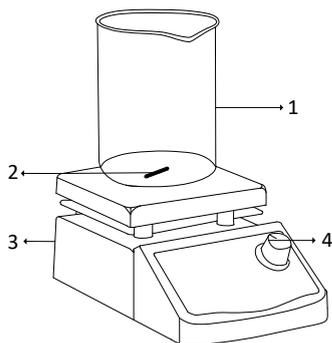
## METODE PENELITIAN

### Bahan

Batang tanaman eceng gondok merupakan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yang diperoleh dari danau kampus ITS Surabaya. Limbah cair artifisial yang mengandung timbal dari padatan Timbal (II) Nitrat ( $Pb(NO_3)_2$ ) yang dibeli secara online di Toko Kimia Jaya Labora. Serta Zink Klorida ( $ZnCl_2$ ) sebagai aktivator dari arang aktif yang dibeli di Toko Kimia Tidar Surabaya dan Aquades sebagai pelarut diperoleh dari PT. Nirwana Abadi Surabaya.

### Alat

Penelitian ini menggunakan peralatan yaitu tanur (*furnace*) dan satu rangkaian alat pengontakan yang terdiri dari beaker glass dan *magnetic stirrer* (Gambar 1).



**Gambar 1.** Rangkaian alat pengontakan  
Keterangan:

1. Gelas Beaker
2. Magnet Pengaduk
3. *Magnetic Stirrer*
4. Pengatur Kecepatan Pengaduk

### Prosedur

#### Persiapan bahan baku

Eceng gondok dicuci dengan air selama proses pretreatment untuk menghilangkan kotoran yang tersisa. Setelah itu memotong kecil-kecil batang eceng gondok. Setelah itu, jemur di bawah sinar matahari selama 5 hari dan kemudian jemur dalam oven selama 2 jam pada suhu 100°C. Kemudian penghalusan batang eceng gondok menjadi serbuk sebelum di karbonisasi.

#### Proses karbonasi

Batang eceng gondok yang telah halus dikarbonasi menggunakan alat tanur (*furnace*) pada suhu 300oC kurang lebih 30 menit.

#### Proses aktivasi

Arang eceng gondok diaktivasi kimia dengan penambahan larutan aktivator  $ZnCl_2$  10% dengan perbandingan 1:10 dari massa arang. Setelah 10 menit diaduk pada 200 rpm, campuran dibiarkan selama 24 jam sampai endapan dan filtrat terpisahkan. Setelah diaktivasi, arang aktif disaring. Filtrat dikeluarkan sementara rendemen arang aktif dicuci dengan aquadest hingga pH netral dan dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 105°C. Kemudian arang aktif diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 50 mesh. Selanjutnya arang aktif ditimbang menggunakan neraca analitik dan diambil sesuai variabel massa adsorben. Kadar air dan abu, serta analisis SEM digunakan untuk menentukan kualitas arang aktif yang dihasilkan.

#### Penentuan kondisi optimum

Sesuai dengan massa variabel arang aktif, yang berkisar dari 1, 2, 3, 4, dan 5 gram, arang aktif dimasukkan ke dalam gelas beaker yang sudah berisi larutan aktivator  $ZnCl_2$  10%, kemudian ditambahkan limbah cair artifisial (Larutan  $Pb(NO_3)_2$  100 ppm sebanyak 50 ml. Setelah itu, selama waktu kontak

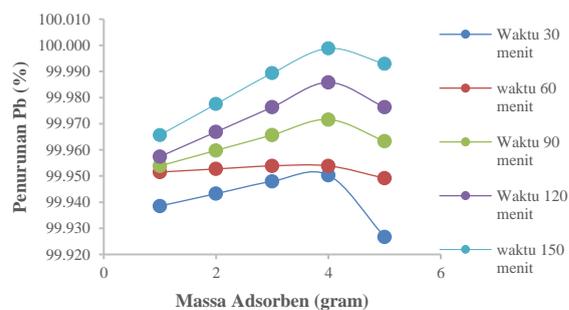
variabel yakni 30, 60, 90, 120, 150 menit. Pengaduk magnetik digunakan untuk mengaduk campuran dengan kecepatan 200 rpm. Setelah dilakukan pengadukan, kemudian memisahkan filtrat dan residunya. Filtrat tersebut kemudian dianalisis kandungan logam timbal (Pb) dalam limbah dengan menggunakan alat uji Atomic Adsorption Spektrofotometri (AAS) dimana akan diketahui jumlah konsentrasi logam timbal yang terserap.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi operasi yang ditetapkan untuk pengaplikasian adsorben adalah suhu pengadukan 25°C, kecepatan pengadukan 200 rpm, volume limbah cair artifisial sebanyak 50 ml, dan ukuran partikel adsorben 50 *mesh*. Hasil penelitian diperoleh data kadar timbal sebelum dan sesudah penggunaan arang aktif dengan melakukan pengujian menggunakan metode Atomic Adsorption Spektrofotometri (AAS), serta dilakukan analisis SEM, kadar air dan abu pada arang aktif.

#### Pengaruh penambahan massa arang aktif eceng gondok terhadap persentase penurunan Pb

Menurut hasil analisis AAS, konsentrasi awal timbal (Pb) pada limbah cair sebelum penambahan adsorben arang aktif eceng gondok sebesar 84,57 mg/l, sedangkan hasil analisis kandungan Pb setelah penambahan adsorben arang aktif dari eceng gondok sisialan digambarkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Hubungan antara penurunan persentase Pb dan massa adsorben

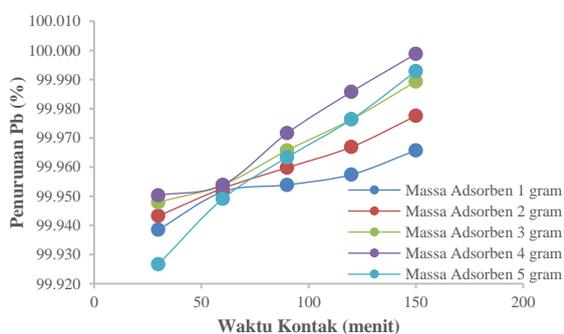
Tujuan pengukuran pengaruh massa adsorben adalah untuk mengetahui jumlah adsorben logam timbal (Pb) terbaik pada limbah cair artifisial. Pada 50 ml limbah cair artifisial, metode batch digunakan untuk mengetahui pengaruh massa arang aktif terhadap variasi massa adsorben 1 gr, 2 gr, 3 gr, 4 gr, dan 5 gr. Berdasarkan gambar dari Gambar 1 terlihat bahwa telah terjadi penurunan kadar timbal dari limbah cair artifisial awal setelah dilakukan proses adsorpsi menggunakan arang aktif eceng gondok. Penurunan kadar timbal yang didapatkan terlihat cenderung meningkat setiap bertambahnya massa

adsorben, namun hasil penurunan kadar timbal dengan massa adsorben 5 gram mengalami penurunan. Hasil Analisa menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan logam Pb tertinggi dicapai pada massa 4 gram dengan waktu kontak 150 menit sehingga persentase penurunan kadar timbal sebesar 99,99%. Jumlah adsorben dapat mempengaruhi efisiensi adsorpsi dimana semakin bertambahnya massa, adsorben telah mencapai titik jenuh jika permukaannya telah terisi adsorbat. Adsorben tidak dapat menyerap ion logam berat lagi pada waktu-waktu tertentu ketika jenuh dengan ion logam berat. Keadaan tersebut dinamakan kondisi tidak seimbang. Konsentrasi logam berat yang tersisa dalam larutan disebut sebagai konsentrasi kesetimbangan. Hal serupa juga dikemukakan oleh Istighfarini (2017): ketika adsorben sabut kelapa dimanfaatkan, kapasitas adsorpsi logam Fe akan berkurang dengan bertambahnya massa.

Proses desorpsi atau pelepasan kembali adsorbat selama pengadukan dapat mengakibatkan penurunan efisiensi adsorpsi setelah nilai maksimum tercapai. Permukaan adsorben yang jenuh menyebabkan desorpsi. Pada keadaan jenuh, adsorbat yang teradsorpsi akan berjejal di permukaan adsorben yang menyebabkan luas permukaan aktif adsorben mengecil sehingga tidak mampu mengadsorpsi ion logam kembali dan laju adsorpsi menjadi berkurang (Barros, 2003).

**Pengaruh waktu pengontakkan arang aktif eceng gondok terhadap persentase penurunan Pb**

Dampak dari variasi waktu pengontakkan diharapkan dapat menemukan nilai terbaik dari proses adsorpsi logam Pb. Pengaruh lamanya durasi waktu kontak ini bervariasi dari 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Gambar 3 menggambarkan hubungan antara lama waktu pengontakkan dengan besarnya kadar logam Pb setelah diadsorpsi.



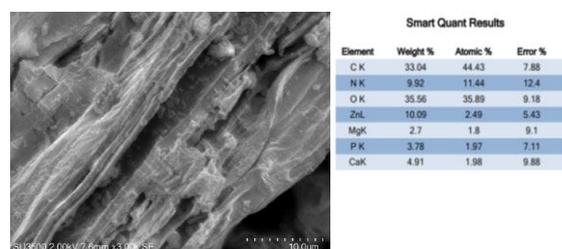
**Gambar 3.** Hubungan waktu pengontakkan dengan persentase penurunan Pb

Berdasarkan data dalam Gambar 3, dapat dinyatakan terjadi kenaikan persentase penurunan kadar timbal secara berangsur-angsur sampai di menit ke-150. Karena lebih banyak partikel adsorben

bersentuhan dengan logam, jumlah logam yang teradsorpsi meningkat seiring waktu pencampuran. Akibatnya, semakin banyak logam menjadi terjerat dalam pori-pori adsorben. Waktu interaksi, di sisi lain, tidak berpengaruh ketika adsorben jenuh. Hal ini secara teori juga dikemukakan oleh Yulianis (2017) yang mengatakan bahwa Waktu kontak adsorbat dan adsorben, di sisi lain, berdampak pada efisiensi penyerapan. Jumlah ion Cu<sup>2+</sup> yang diserap akan meningkat seiring waktu kontak.

**Karakteristik Arang Aktif Eceng Gondok Hasil Analisa SEM**

Scanning Electron Microscope (SEM) digunakan untuk mengetahui struktur permukaan pori. Tujuan dari analisis ini dilakukan adalah untuk memastikan bagaimana perubahan suhu karbonisasi dan aktivasi mempengaruhi topografi permukaan material.



**Gambar 4.** Hasil analisa SEM-EDX arang aktif eceng gondok

Berdasarkan hasil analisis SEM sebagaimana pada Gambar 4 menunjukkan bahwa arang aktif yang diperoleh memiliki struktur selulosa dengan pori-pori dan retakan pada permukaan selulosa. Pori arang aktif eceng gondok tergolong mikropori. Karena pori adalah celah yang memperluas permukaan arang aktif, pori-pori dalam arang aktif dimungkinkan untuk meningkatkan kemampuan untuk menyerap. Luas permukaan arang aktif dan jumlah arang aktif yang dihasilkan terkait erat dengan suhu karbonisasi. Karena rapuh, tipis, dan berpori, arang aktif yang dihasilkan pada suhu T=300°C menyerap lebih banyak arang karena memiliki luas permukaan aktif yang lebih besar. Berdasarkan Gambar 3, dapat diamati bahwa penambahan aktivator meningkatkan daya kontak karbon dengan membuat sampel arang aktif lebih transparan atau lebih tipis. Ini menunjukkan bahwa penambahan aktivator ini menyebabkan karbon melepaskan lebih banyak volatil dan tar. Akibatnya, luas permukaan aktif eceng gondok akan meningkat. Perluasan konsentrasi aktivator dari 5%-30% memiliki hubungan langsung dengan wilayah permukaan arang aktif eceng gondok.

Carbon (C) juga diidentifikasi sebagai elemen yang terbentuk pada puncak tertinggi dari data analisis SEM-EDX. Unsur lain yang terbentuk adalah Nitrogen (N), Oksigen (O), Zink (Zn), Magnesium (Mg), Phospor (P), dan Kalsium (Ca). Dalam

penelitian ini, aktivator yang digunakan adalah Zink Klorida. Menurut Akhmad B (2015) menyatakan bahwa dalam hal proses pengaktifan secara kimia, langkah terpenting adalah proses pencucian atau penetralan arang. Jika proses pencucian terlalu lambat atau tidak optimal, akan tersisa zat-zat aktivator, tar atau volatil. Berdasarkan unsur-unsur yang terbentuk, dapat disimpulkan bahwa pencucian yang kurang menyeluruh membuat aktivator yang tersisa dalam karbon. Oleh karena itu, untuk mencegah hal ini terjadi, harus menggunakan pH meter atau alat pengukur netralisasi. Aktivator aktivasi residu proses kimia juga berdampak pada proses selanjutnya dan arang aktif yang sudah jadi.

#### Hasil analisa kadar air dan kadar abu

Sifat higroskopis arang aktif dapat ditentukan dengan mengukur jumlah kelembaban dalam material. Berdasarkan analisa arang aktif eceng gondok yang diperoleh memiliki kadar air sebesar 11,50%, dimana masih memenuhi standar mutu SNI arang aktif (06-3730-1995) yang berlaku maksimal kadar 15%. Arang aktif tidak hanya mengandung karbon tetapi juga zat lain seperti nitrogen (N), Oksigen (O), Zink (Zn), Magnesium (Mg), Fosfor (P), dan Kalsium (Ca). Terdapat juga kadar abu yang berasal dari residu karbonisasi. Tujuan mengukur kadar abu adalah untuk mengetahui berapa banyak oksida logam dalam arang aktif. Dari hasil yang diperoleh, kadar abu arang aktif eceng gondok sebesar 15,97%, hasil tersebut masih tidak memenuhi syarat baku mutu SNI arang aktif (06-3730-1995), dimana kadar maksimalnya sebesar 10%. Proses oksidasi menurut Pari (2004) merupakan hal yang menyebabkan tingginya kadar abu arang aktif. Karena kandungan mineral abu, yang padat dengan kalsium, kalium, magnesium, dan natrium, akan menyebar ke seluruh jaringan arang aktif, jumlah abu dapat berdampak pada kemampuan arang aktif untuk menyerap baik dalam gas serta larutan.

#### SIMPULAN

Temuan pada penelitian ini dapat ditarik pada kesimpulan bahwa arang aktif eceng gondok dapat digunakan sebagai adsorben yang secara efektif mengurangi kadar logam berat timbal dalam limbah cair artifisial. Hal ini ditunjukkan dari penurunan kadar timbal yang didapatkan, terlihat cenderung meningkat setiap bertambahnya massa adsorben. Selain itu, efisiensi penyerapan dipengaruhi oleh lamanya waktu pengontakan antara adsorbat dan adsorben. Dengan kata lain, semakin lama waktu pengontakan, semakin banyak ion logam timbal (Pb) yang akan diserap. Dengan massa adsorben 4 gram dan waktu kontak 150 menit diperoleh pengurangan persentase 99,99%, dan merupakan penurunan kadar timbal (Pb) yang terbaik serta optimal. Berdasarkan hasil analisis SEM (*Scanning Electron Microscope*),

arang aktif eceng gondok termasuk dalam klasifikasi mikropori, dan diketahui bahwa pengaruh penambahan aktivator pada pembuatan arang dapat memperluas permukaan arang sehingga dapat meningkatkan daya serap arang terhadap logam berat dalam limbah cair. Hasil analisis kadar air dan abu dalam arang aktif eceng gondok didapatkan sebesar 11,50% dan 15,97%. Arang aktif dari eceng gondok yang dihasilkan masih dikatakan memenuhi syarat mutu kualitas SNI arang aktif.

#### SARAN

Untuk menghasilkan arang aktif yang sesuai dengan SNI, sebaiknya proses karbonisasi batang eceng gondok dilakukan dengan suhu yang optimal. Untuk menentukan efek suhu karbonisasi ideal, diperlukan penelitian lebih lanjut. Selain itu, penelitian dengan menggunakan variabel tambahan diperlukan untuk mengetahui dampak ukuran partikel eceng gondok arang aktif terhadap adsorpsi logam berat timbal (Pb).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R., & Husaini 2017, Logam Berat Sekitar Manusia, Lambung Mangkurat University Press, Banjarmasin.
- Ajeng, A., Bayu & Putua Wesen 2013, "Penyisihan Logam Berat Timbal (Pb) dengan Proses Fitoremediasi", Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, UPN "Veteran" Jawa Timur, vol. 5, no.1, hh. 17-23.
- Akhmad, A.B., Diah S.; Hariyati P 2015, Pengaruh Temperatur Karbonisasi dan Konsentrasi Zink Klorida ( $ZnCl_2$ ) terhadap Luas Permukaan Karbon Aktif Eceng Gondok, Skripsi, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- Austin, G., T 1984, Shreve's Chemical Process Industry Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Barros, J. 2003, "Biosorption of cadmium using the fungus *Aspergillus niger*", Brazilian Journal of Chemical Engineering, 20, 1-17.
- Istighfarini, S.A.E. 2017, Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut, mSkripsi, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Kurniawan, mBayu 2015, Adsorpsi Pb (II) dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara, Skripsi, Universitas Negeri Semarang.
- Lempang, M 2014, Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif, Balai Penelitian Kehutanan Makassar, Vol. 11, no.2, hal. 65-80.

- Nurhilal, O., Suryaningsih, S. R. I, Faizal, F, & Sharin, R 2020, 'Pemanfaatan Enceng Gondok Sebagai Adsorben Pb Asetat dengan Menggunakan Arang Aktif Sebagai Adsorben', *JIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, vol. 04, no. 01, hh. 46–52.
- Nuria, F, dkk 2006, 'Pembuatan Karbon Aktif dari Enceng Gondok', *Jurnal Tecnoscienza*, vol. 5, no. 1, hh. 38.
- Pari G. 2004, Kajian struktur arang aktif dari serbuk gergajian kayu sebagai adsorben emisi formaldehida kayu lapis [disertasi], Program Pascasarjana, mInstitut Pertanian Bogor
- Pitriani, P 2010, Sintesis dan Aplikasi Kitosan dari Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) Sebagai Penyerap Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Untuk Pemurnian Natrium Silikat, Skripsi, Universitas Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Safrianti, I., dkk, 2012, 'Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak', *JKK*, vol.1, no. 1, hal. 1-7.
- Syafitra, D., Maulana Yusuf, T., Utami, L., & Wahyusi, K 2020, 'Pemanfaatan Biochar dari Sabut Siwalan sebagai Adsorben Larutan Cu', *ChemPro*, vol. 1, no. 2, hh. 1-7.
- Syauqiah, I., dkk 2011, 'Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif', *Info Teknik: Jurnal Teknik*, vol. 12, no. 1, hh. 11-20.
- Sylvia, N, dkk 2017, 'Kinerja Kolom Adsorpsi Pada Penyerapan Timbal (Pb<sup>2+</sup>) Dalam Limbah Artifisial Menggunakan Cangkang Kernel Sawit'. *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 6, no. 4, hh. 18.
- Wibowo, Era B.T., mFadhilah N.F., Dwi, H & Mu'tasim, B, 2021, 'Pemanfaatan Enceng Gondok Sebagai Adsorben dengan Perlakuan Awal untuk Menurunkan Kadar Logam Berat Cu, *Jurnal ChemPro*, vol. 2, no. 1, hal. 7-12.
- Yulianis Y., M. Mahidin & S. Muhammad 2017, 'Adsorpsi Ion Logam Tembaga Menggunakan Nano Zeolit Alam yang Diaktivasi', *Jurnal Litbang Ind.*, vol. 7, no. 1, pp. 61–69