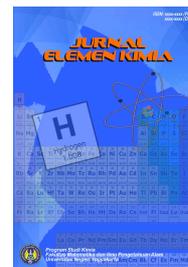




Akses online: <https://journal.student.uny.ac.id/index.php/elemen>

**Program Studi Kimia
Departemen Pendidikan Kimia
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta**

Jurnal Elemen Kimia 8(1) (2024) 28-40



**BIOCHAR ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) SEBAGAI ADSORBEN ION
TEMBAGA (Cu) PADA LIMBAH KERAJINAN PERAK**

***WATER HYACINTH (Eichhornia crassipes) BIOCHAR AS COPPER (Cu) ION
ADSORBENT IN SILVER-MADE CRAFTS WASTE***

Sunarto*, Febi Kurnia Sari

Departemen Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Yogyakarta, Jalan Colombo No 1, Karang
Malang, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, Indonesia, 55281

*Korespondensi: sunarto@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian dilakukan untuk mengetahui karakteristik, massa, dan waktu kontak terbaik penurunan kadar ion Cu pada limbah cair kerajinan perak, serta pola isoterm adsorpsi menggunakan adsorben *biochar* eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Batang eceng gondok dikarbonisasi menggunakan *furnace* dengan suhu 400 °C selama 1 jam. *Biochar* eceng gondok diaktivasi menggunakan larutan HCl 0,5 M. Kemudian *biochar* dikarakterisasi kadar abu, kadar air, dan luas permukaannya. Luas permukaan *biochar* diuji dengan menggunakan *Surface Area Analyzer* (SAA) baik *biochar* tanpa aktivasi dan dengan aktivasi. Proses adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan *biochar* dengan limbah cair. Analisis kandungan logam Cu diketahui menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben *biochar* batang eceng gondok teraktivasi memiliki kadar air 5,36% dan kadar abu sebesar 6,09%. Luas permukaan tanpa aktivasi yaitu 2,50712 m²/g dan teraktivasi yaitu 7,04196 m²/g. Proses adsorpsi dalam limbah sintetik diperoleh massa *biochar* terbaik yaitu 1 gram dan waktu kontak 90 menit. Adsorpsi pada limbah cair industri kerajinan perak diperoleh rata-rata penurunan konsentrasi logam tembaga sebesar 52,151 ppm dan rata-rata % teradsorpsi sebesar 63,64%. Proses adsorpsi ini mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9997.

Kata kunci: tembaga, eceng gondok, *biochar*, adsorpsi, konsentrasi

Abstract

This research was conducted to determine the characteristics, mass, and the best contact time for reducing Cu ion levels in silver craft wastewater, as well as the adsorption isotherm pattern using water hyacinth (Eichhornia crassipes) biochar as an adsorbent. Water hyacinth stems were carbonized using a furnace at 400 °C for 1 hour. Water hyacinth biochar was activated using 0.5 M HCl solution. Then the biochar was characterized by ash content, water content, and surface area. The surface area of biochar was tested using a Surface Area Analyzer (SAA) both without activation and with activation. The adsorption process is carried out by

contacting biochar with liquid waste. Analysis of the metal content of Cu is known using the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) instrument. The results showed that the activated water hyacinth stem biochar adsorbent had a moisture content of 5.36% and an ash content of 6.09%. The surface area without activation is 2.50712 m²/g and activated is 7.04196 m²/g. The adsorption process in synthetic waste obtained the best biochar mass of 1 gram and a contact time of 90 minutes. Adsorption on the silver craft industrial wastewater obtained an average decrease in copper metal concentration of 52.151 ppm and an average % adsorbed by 63.64%. This adsorption process follows the Langmuir adsorption isotherm pattern with a correlation coefficient (r) of 0.9997.

Keywords: copper, water hyacinth, biochar, adsorption, concentration

Pendahuluan

Kotagede merupakan salah satu daerah di Yogyakarta yang terkenal dengan industri kerajinan perak. Pada proses pembuatan kerajinan perak digunakan logam berat yang akan menghasilkan limbah cair yang mengandung beberapa logam berat antara lain tembaga (Cu), seng (Zn), kromium (Cr), timbal (Pb), dan perak (Ag) [1]. Logam berat adalah logam yang kepadatan spesifiknya lebih dari 5 g/cm³ [2]. Limbah cair yang mengandung logam berat akan mencemari air sungai dan berpotensi mencemari air sumur. Air sumur yang terkontaminasi logam berat tidak aman jika dikonsumsi karena dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan diantaranya yaitu merusak susunan saraf, mengakibatkan bibir sumbing, penyakit minamata, karsinogenik, cacat pada bayi, dan terganggunya sistem imun. Jika logam berat mengendap dalam waktu yang lama akan menjadi racun bagi tubuh makhluk hidup [3].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sekarwati dkk (2015) kadar Cu pada air limbah kerajinan perak yaitu 84,9350 mg/l. Menurut baku mutu Peraturan Gubernur Yogyakarta No. 7 Tahun 2010 kadar Cu maksimal yaitu 0,6 mg/l sehingga kadar Cu pada air limbah cair industri kerajinan perak sangat jauh di atas baku mutu. Maka, diperlukan metode yang dapat menurunkan kadar logam berat dalam limbah cair tersebut seperti adsorpsi, filtrasi, koagulasi, dan presiptasi [4]. Adsorpsi merupakan proses penyerapan suatu zat. Adsorpsi dapat terjadi secara kimia (kemisorpsi) maupun fisika (fisorpsi) [5]. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu waktu kontak, massa adsorben, luas permukaan, pH, suhu, dan konsentrasi adsorbat [6]. Proses adsorpsi digambarkan dengan persamaan isotherm adsorpsi, yaitu proses distribusi adsorbat pada fase padat dan fase cair. Isotherm adsorpsi yang umum digunakan yaitu isotherm Freundlich dan isotherm Langmuir [7].

Proses adsorpsi diperlukan adsorben sebagai penyerapnya. Adsorpsi dengan menggunakan adsorben dari *biochar* dapat diterapkan dalam penurunan kadar logam berat. *Biochar* atau *bio charcoal* merupakan karbon hasil biomassa yang dipanaskan dengan suhu yang relatif rendah yaitu <700°C dalam wadah tertutup sehingga udaranya terbatas [8]. Adsorben *biochar* dapat dibuat dengan memanfaatkan limbah biologis. Penelitian terdahulu menggunakan limbah pertanian untuk pembuatan adsorben *biochar* seperti sabut siwalan ([9], ampas tebu [8], kayu akasia [10] dan serbuk gergaji kayu mahoni [11]. Dalam pembuatan adsorben *biochar* biaya yang diperlukan relatif sedikit dan ramah lingkungan. Selain itu, adsorben *biochar* yang dibuat dari limbah biologis memiliki efisiensi yang tinggi dan proses regenerasinya mudah [5].

Pada penelitian ini digunakan limbah batang eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai adsorben *biochar*. Eceng gondok kering mengandung selulosa 60%, hemiselulosa sebesar 8%, dan lignin 17%. Dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi tersebut eceng gondok mampu menyerap ion logam berat dalam air [12]. Limbah eceng gondok yang digunakan diperoleh dari sisa-sisa pembuatan kerajinan anyaman. Sebelum digunakan sebagai adsorben *biochar* harus diaktivasi terlebih dahulu untuk membuka pori-pori karbon, memperbesar diameter pori, dan juga menambah volume zat yang terserap ke dalam pori karbon [13]. Proses aktivasi yang banyak digunakan yaitu aktivasi kimia dan fisika. Aktivasi kimia merupakan suatu proses yang menggunakan bahan kimia untuk pemutusan rantai karbon pada senyawa organik. Sedangkan aktivasi fisika menggunakan uap, panas, dan CO₂ [9].

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan *Surface Area Analyzer* (SAA). AAS digunakan untuk menentukan unsur logam dan metaloid yang penyerapannya didasarkan pada penyerapan energi radiasi oleh atom-atom bebas. SAA merupakan alat yang digunakan untuk menentukan luas permukaan *biochar*. Metode yang digunakan dalam instrumen SAA yaitu metode *Brunauer-Emmett-Teller* (BET).

Pada penelitian terdahulu eceng gondok belum banyak digunakan sebagai adsorben *biochar*, sehingga pada penelitian ini peneliti menggunakan limbah batang eceng gondok sebagai adsorben *biochar* untuk menurunkan kadar logam ion tembaga (Cu) pada limbah cair industri kerajinan perak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik adsorben *biochar* limbah batang eceng gondok, mengetahui massa dan waktu kontak terbaik, mengetahui penurunan logam tembaga (Cu) pada limbah cair industri kerajinan perak dengan adsorben *biochar* limbah batang eceng gondok, dan mengetahui pola isoterm adsorpsi logam tembaga (Cu) menggunakan *biochar* limbah batang eceng gondok.

Metode

Dehidrasi

Sebanyak 1 kg limbah batang eceng gondok dicuci hingga bersih dan dikeringkan selama 2 hari dibawah sinar matahari langsung hingga kering. Batang eceng gondok yang sudah kering dipotong-potong menjadi bagian-bagian kecil dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 100 °C selama 1 jam.

Karbonisasi

Eceng gondok yang sudah kering kemudian dimasukkan dalam krus dan dipanaskan dalam *furnace* selama 1 jam dengan suhu 400 °C hingga menjadi *biochar*. *Biochar* dihaluskan dengan mortar dan alu kemudian *biochar* diayak menggunakan ayakan 100 mesh. *Biochar* diukur luas permukaannya menggunakan instrumen *Surface Area Analyzer* (SAA).

Aktivasi

Sebanyak 100 gram *biochar* eceng gondok direndam dalam larutan HCl 0,5 M selama 24 jam. Setelah itu, disaring menggunakan vakum *buchner* dan dicuci hingga filtratnya menunjukkan pH netral atau mendekati 7. *Biochar* yang sudah disaring dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110 °C. Serbuk *biochar* diukur luas permukaannya dengan menggunakan instrumen *Surface Area Analyzer* (SAA).

Uji Kadar Air

Sebanyak 1 gram *biochar* dengan aktivasi diletakkan dalam cawan porselin yang telah diketahui massanya. Dikeringkan dalam oven selama 3 jam dengan suhu 110 °C. *Biochar* dimasukkan desikator dan ditimbang. Ulangi prosedur tersebut hingga massa *biochar* konstan.

Uji Kadar Abu

Sebanyak 2 gram *biochar* dengan aktivasi diletakkan dalam krus yang telah diketahui massanya. Dimasukkan dalam *furnace* selama 1 jam dengan suhu 500 °C. *Biochar* dimasukkan desikator dan ditimbang. Ulangi prosedur tersebut hingga massa *biochar* konstan.

Pembuatan Larutan Baku dan Limbah Sintetik

Sebanyak 3,804 gram serbuk $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan akuades kemudian dimasukkan dalam labu takar 1000 ml dan ditanda bataskan kemudian dihomogenkan. Larutan tersebut diencerkan menjadi 100 ppm sebanyak 1000 ml sebagai limbah sintetik. Larutan tersebut diukur konsentrasinya dengan menggunakan instrumen AAS.

Pembuatan Kurva Standar

Larutan baku 100 ppm diencerkan menjadi 10 ppm. Dibuat larutan standar dengan variasi konsentrasi 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 ppm. Diukur absorbansinya menggunakan instrumen AAS. Hasil dari pengukuran absorbansi dan konsentrasi kemudian dibuat kurva standar.

Adsorpsi pada Limbah Sintetik untuk Menentukan Massa Terbaik

Ditimbang *biochar* setelah aktivasi dengan variasi massa 0,5; 0,75; dan 1 gram. Dimasukkan dalam masing-masing erlenmeyer berisi limbah sintetik Cu sebanyak 50 ml. Campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit dengan skala kecepatan 4. Filtrat disaring dan diukur konsentrasinya menggunakan instrumen AAS. Hasil penentuan massa terbaik digunakan pada adsorpsi penentuan waktu kontak terbaik.

Adsorpsi pada Limbah Sintetik untuk Menentukan Waktu Kontak Terbaik

Sebanyak 1 gram *biochar* setelah aktivasi dimasukkan dalam 3 erlenmeyer yang masing-masing berisi limbah sintetik Cu sebanyak 50 ml. Campuran tersebut diaduk dengan *magnetic stirrer* masing-masing selama 60, 90, dan 120 menit dengan skala kecepatan 4. Filtrat disaring dan diukur konsentrasinya menggunakan instrumen AAS. Hasil penentuan massa dan waktu kontak terbaik digunakan dalam adsorpsi pada limbah cair industri kerajinan perak.

Adsorpsi pada Limbah Cair Industri Kerajinan Perak

Biochar sebanyak 1 gram (hasil penentuan massa terbaik). Kemudian dimasukkan dalam erlenmeyer yang berisi 50 ml limbah. Campuran tersebut diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 90 menit (hasil penentuan waktu kontak terbaik) dengan skala kecepatan 4. Setelah itu, filtrat disaring dan diukur konsentrasinya menggunakan instrumen AAS.

Penentuan Pola Isoterm Adsorpsi

Pada penentuan pola isoterm adsorpsi digunakan data adsorpsi pada limbah sintetik Cu dengan variasi waktu 30, 60, 90, dan 120 menit.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan limbah batang eceng gondok sebagai adsorben *biochar*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *biochar* limbah batang eceng gondok yang meliputi kadar air, kadar abu, dan luas permukaan. Kemudian berkelanjutan untuk mengetahui massa dan waktu kontak terbaik, mengetahui penurunan kadar logam tembaga (Cu) pada limbah cair industri kerajinan perak, dan mengetahui pola isoterm adsorpsi adsorben *biochar* limbah batang eceng gondok. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah batang eceng gondok. Eceng gondok yang digunakan diperoleh dari sisa-sisa pembuatan anyaman yang berada di Sanden, Bantul. Langkah awal yang dilakukan yaitu proses dehidrasi atau pengeringan. Sebelum proses dehidrasi dilakukan eceng gondok dicuci hingga bersih agar kotoran yang menempel hilang. Eceng gondok yang sudah bersih kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari langsung selama 2 hari. Setelah dikeringkan kemudian eceng gondok dipotong menjadi bagian-bagian kecil dan dimasukkan dalam oven dengan suhu 100 °C selama 1 jam agar proses pengeringan maksimal. Tujuan dari proses pengeringan yaitu menghilangkan air yang masih terkandung di dalam eceng gondok. Eceng gondok kering ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Eceng Gondok

Eceng gondok kering kemudian dikarbonisasi dengan dimasukkan dalam *furnace* dengan suhu 400 °C selama 1 jam. *Biochar* yang diperoleh dalam proses karbonisasi memiliki warna hitam mengkilap. *Biochar* dihaluskan dengan mortar dan alu kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh dengan tujuan untuk memperoleh ukuran *biochar* yang sama. *Biochar* sebelum digunakan diaktivasi secara kimia dengan merendam *biochar* dalam larutan HCl 0,5 M selama 24 jam. Aktivasi kimia merupakan proses yang dilakukan untuk mengaktifkan *biochar* batang eceng gondok dengan menggunakan zat kimia tertentu agar kandungan airnya berkurang sehingga pori-pori *biochar* terbuka dan daya serapnya meningkat. Setelah itu, *biochar* yang telah direndam kemudian dicuci berulang kali menggunakan akuades hingga filtratnya menunjukkan pH netral atau mendekati 7. *Biochar* kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 110 °C selama 24 jam. *Biochar* yang diperoleh dalam proses karbonisasi memiliki warna hitam mengkilap yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Biochar Limbah Batang Eceng Gondok

Karakterisasi Biochar

Karakteristik dari suatu *biochar* dapat mempengaruhi hasil penyerapan terhadap suatu zat. Karakterisasi *biochar* limbah batang eceng gondok yang dilakukan pada penelitian ini yaitu uji kadar air, kadar abu, dan luas permukaan *biochar* tanpa aktivasi dan dengan aktivasi. Uji kadar air dilakukan dengan menguapkan kandungan air pada sampel *biochar* limbah batang eceng gondok dengan aktivasi dalam oven dengan suhu 110 °C, sedangkan uji kadar abu dilakukan dengan mengabukan sampel menggunakan furnace dengan suhu 500 °C. Kedua tahap pengujian dilakukan berulang-ulang hingga diperoleh massa konstan. Hasil uji kadar air dan kadar abu *biochar* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kadar Air dan Kadar Abu Biochar Limbah Batang Eceng Gondok

Jenis Uji	P (%)
Kadar air	5,36
Kadar abu	6,09

Uji kadar air dilakukan untuk mengetahui banyak sedikitnya air yang masih terkandung pada pori *biochar* sedangkan uji kadar abu dilakukan untuk mengetahui kandungan mineral yang masih tertinggal dalam adsorben *biochar*. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kadar air *biochar* eceng gondok pada penelitian ini yaitu 5,36% sedangkan kadar abunya yaitu 6,09%. Berdasarkan hasil tersebut *biochar* limbah batang eceng gondok dalam penelitian ini sudah memenuhi kriteria SNI 06-3730-1995 yang menyebutkan bahwa kadar air maksimum yaitu 15% dan kadar abu maksimum yaitu 10%. Selain itu, karakterisasi yang dilakukan yaitu uji luas permukaan.

Pengukuran luas permukaan dilakukan dengan menggunakan instrumen *Surface Area Analyzer* (SAA) dengan metode *Brunauer-Emmet-Teller* (BET). Prinsip kerja BET yaitu menggunakan mekanisme adsorpsi gas nitrogen pada permukaan suatu sampel padat yang dikarakterisasi dengan suhu konstan. Sebelum dianalisis sampel *biochar* melewati proses *degassing*. Proses tersebut bertujuan untuk menghilangkan gas-gas yang terserap pada permukaan *biochar*. Proses *degassing* dilakukan pada suhu 300 °C selama 1 jam dalam keadaan vakum. Hasil pengukuran luas permukaan *biochar* tanpa aktivasi dan dengan aktivasi disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Luas Permukaan

Jenis <i>Biochar</i>	Luas Permukaan (m ² /g)
Biochar tanpa aktivasi	2,50712
Biochar dengan aktivasi	7,04196

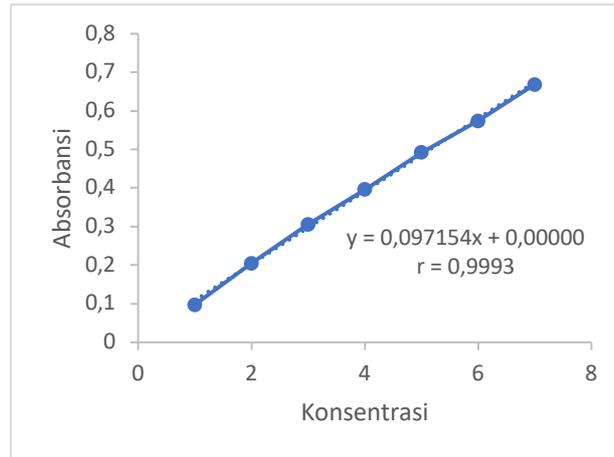
Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran luas permukaan *biochar* sebelum diaktivasi yaitu 2,50712 m²/g sedangkan dengan aktivasi sebesar 7,04196 m²/g. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa *biochar* dengan aktivasi memiliki luas permukaan yang lebih besar. Hal tersebut terjadi karena adanya proses aktivasi kimia menyebabkan pori-pori *biochar* batang eceng gondok yang terbentuk semakin banyak sehingga luas permukaan juga semakin besar. Pada penelitian yang dilakukan oleh Gumelar dkk., (2015) dengan aktivasi HCl 3M diperoleh luas permukaan karbon aktif eceng gondok sebesar 41,097 m²/gr [14]. Perbedaan hasil dengan penelitian ini disebabkan oleh perbedaan konsentrasi larutan HCl yang digunakan. Kemudian penelitian yang dilakukan Pratama dkk., (2018) *biochar* ampas tebu yang diaktivasi dengan KOH 4 M dan karbonisasi dengan suhu 400 °C selama 2 jam memiliki luas permukaan sebesar 15,41 m²/gram [8]. Semakin besar konsentrasi aktivator maka semakin banyak zat anorganik maupun organik sebagai pengotor yang lepas dari pori-pori karbon [14]. Jika konsentrasi larutan yang digunakan untuk aktivasi kimia terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada pori karbon [15].

Pembuatan Sampel Limbah Sintetik dan Pembuatan Kurva Standar

Hasil pengukuran konsentrasi limbah sintetik Cu dengan AAS yaitu 97,37 ppm. Kemudian ke tujuh sampel larutan standar diukur absorbansi dan konsentrasinya. Pembuatan kurva standar dibutuhkan larutan standar dengan konsentrasi 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 ppm. Kurva standar digunakan untuk mengetahui konsentrasi larutan logam dengan membuat hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat dibuat kurva standar yang disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan data yang terdapat pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi maka nilai adsorbansinya juga semakin besar. Nilai koefisien korelasi (r) yang diperoleh yaitu 0,9993, jika nilai koefisien korelasi yang memiliki nilai mendekati 1 maka dapat diketahui bahwa dalam pembuatan larutan standar akurasiya baik dan diperoleh kurva standar yang linier.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Larutan Standar

C (ppm)	Absorbansi
1	0,0975
2	0,2047
3	0,3061
4	0,3966
5	0,4924
6	0,5744
7	0,6688



Gambar 3. Kurva Standar Larutan Tembaga (Cu)

Adsorpsi Pada Limbah Sintetik

Proses adsorpsi yang pertama dilakukan untuk menentukan massa adsorben *biochar* terbaik. Proses adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan adsorben *biochar* massa 0,5; 0,75; dan 1 gram dengan 50 ml limbah sintetik Cu. Campuran diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan skala kecepatan 4. Proses adsorpsi disajikan pada Gambar 4.



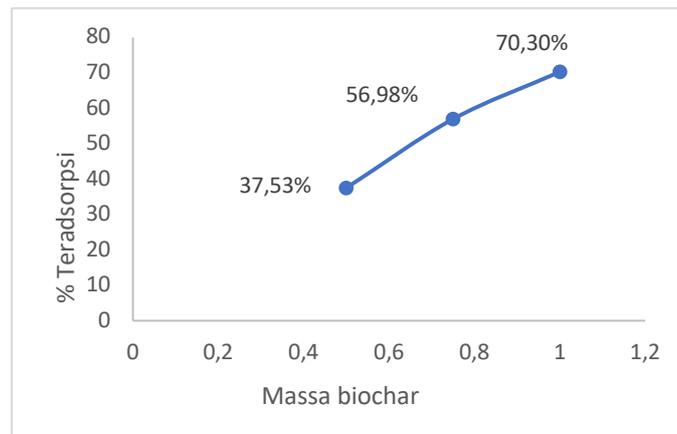
Gambar 4. Proses Adsorpsi

Sampel yang telah diadsorpsi diukur konsentrasinya menggunakan instrumen AAS. Hasil adsorpsi penentuan massa adsorben *biochar* terbaik dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4 dapat dibuat kurva hubungan antara massa adsorben *biochar* dengan % teradsorpsi yang disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan data pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin besar massa *biochar* yang dikontakkan maka konsentrasinya semakin turun. Penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada massa 1gram yaitu sebesar 68,45 ppm sehingga diperoleh % teradsorpsinya yaitu 70,30%. Berdasarkan kurva pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin besar massa *biochar* yang digunakan maka % teradsorpsinya juga meningkat. Meningkatnya % teradsorpsi disebabkan karena semakin banyaknya *biochar* yang berinteraksi dengan ion logam Cu. Sehingga, pada penentuan massa adsorben *biochar* terbaik diasumsikan bahwa massa antara 0,5; 0,75; dan 1 gram diperoleh massa terbaik yaitu 1 gram yang akan

digunakan pada penentuan waktu kontak terbaik. Menurut Tadjuka dkk., (2017) semakin banyak permukaan aktif yang ada pada adsorben maka akan semakin besar juga adsorbat yang terjerap [16]. Sehingga semakin banyak adsorben yang digunakan maka akan semakin banyak menyediakan permukaan aktif tersebut.

Tabel 4. Hasil Adsorpsi Variasi Massa Adsorben *Biochar*

Massa (gram)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Penurunan Konsentrasi (ppm)	% Teradsorpsi
0,5	97,37	60,83	36,54	37,53
0,75	97,37	41,89	55,48	56,98
1	97,37	28,92	68,45	70,30



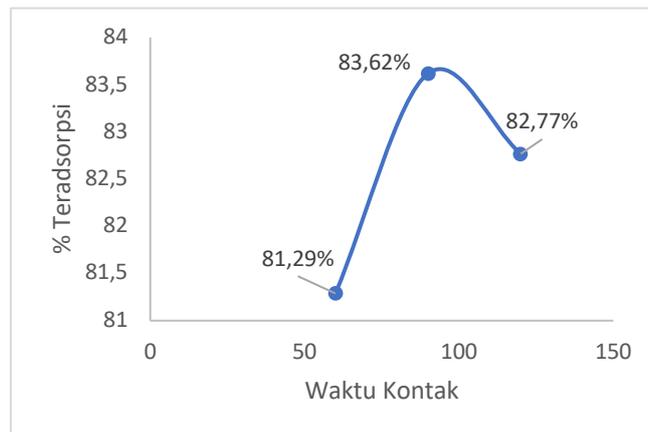
Gambar 5. Kurva Hubungan antara Massa *Biochar* terhadap % Teradsorpsi

Proses adsorpsi selanjutnya yaitu penentuan waktu kontak terbaik. Pada penentuan waktu kontak terbaik digunakan massa biochar sebanyak 1 gram yang diperoleh dari penentuan massa adsorben biochar terbaik. Waktu kontak yang digunakan yaitu 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Hasil proses adsorpsi pada penentuan waktu kontak terbaik dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 5 dapat dibuat kurva hubungan antara waktu kontak dengan % teradsorpsi yang dapat dilihat pada Gambar 6.

Menurut Tabel 5 penurunan konsentrasi terbaik diperoleh pada waktu kontak 90 menit dengan konsentrasi setelah adsorpsi sebesar 15,95 ppm sehingga didapatkan % teradsorpsi yaitu 83,62%. Berdasarkan data pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa pada waktu kontak 60 menit dan 90 menit mengalami kenaikan % teradsorpsinya. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu kontak maka semakin banyak partikel-partikel adsorben *biochar* yang berinteraksi dan bertumbukan dengan ion logam Cu. Tetapi, pada waktu kontak 120 menit konsentrasi logam Cu yang teradsorpsi turun. Keadaan ini terjadi karena adsorben *biochar* yang digunakan telah jenuh atau terjadi desorpsi, sehingga kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi ion logam Cu pada waktu kontak 120 menit mengalami penurunan.

Tabel 5. Hasil Adsorpsi Variasi Waktu Kontak *Biochar*

Waktu (menit)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Penurunan Konsentrasi (ppm)	% Teradsorpsi
60	97,37	18,22	79,15	81,29
90	97,37	15,95	81,42	83,62
120	97,37	16,78	80,59	82,77



Gambar 6. Kurva Hubungan antara Waktu Kontak terhadap % Teradsorpsi

Adsorpsi pada Limbah Cair Industri Kerajinan Perak

Limbah yang diperoleh berwarna biru kehijauan, jernih dan tidak berbau. Konsentrasi limbah diketahui sebesar 81,952 ppm. Massa dan waktu kontak terbaik yang digunakan yaitu 1 gram dan 90 menit. Hasil adsorpsi pada limbah cair industri kerajinan perak disajikan pada Tabel 6. Ketiga sampel yang telah diadsorpsi warna larutannya berubah menjadi bening. Berdasarkan data pada Tabel 6 adsorpsi yang dilakukan pada ketiga sampel menghasilkan penurunan konsentrasi yang nilainya hampir sama.

Tabel 6. Adsorpsi pada Limbah Cair Industri Kerajinan Perak

Sampel	Co (ppm)	Ce (ppm)	% Teradsorpsi
I	81,952	29,098	64,49 %
II	81,952	30,570	62,70 %
III	81,952	29,736	63,72 %
Rata-rata			63,64%

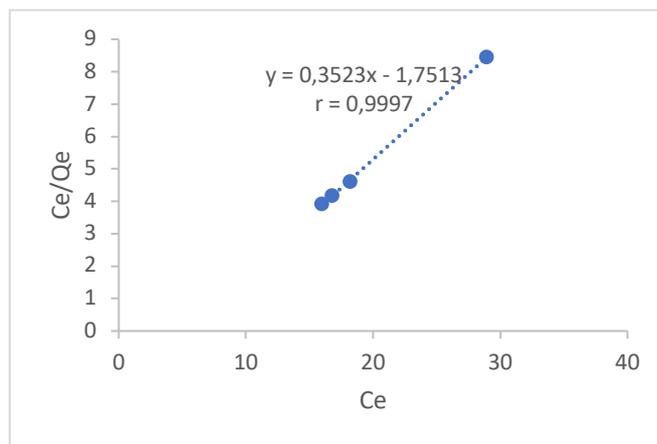
Berdasarkan data pada Tabel 6 adsorpsi yang dilakukan pada ketiga sampel limbah cair industri kerajinan perak menghasilkan penurunan konsentrasi yang nilainya hampir sama. Rata-rata penurunannya yaitu sebesar 52,15 ppm dari konsentrasi logam tembaga (Cu) awal sebesar 81,952 ppm. Berdasarkan data dari ketiga sampel diperoleh rata-rata % teradsorpsi sebesar 63,64%. Dengan hasil tersebut dapat diketahui bahwa adsorben *biochar* limbah batang eceng gondok tidak mengadsorpsi seluruh ion logam tembaga (Cu) yang terkandung dalam limbah tersebut. Hal ini terjadi karena dalam limbah cair industri kerajinan perak tidak hanya mengandung ion logam tembaga (Cu) tetapi juga mengandung ion logam yang lain seperti Ag dan Zn sehingga adsorben *biochar* yang digunakan menyerap atau mengadsorpsi kandungan logam yang lain.

Penentuan Pola Isoterm Adsorpsi

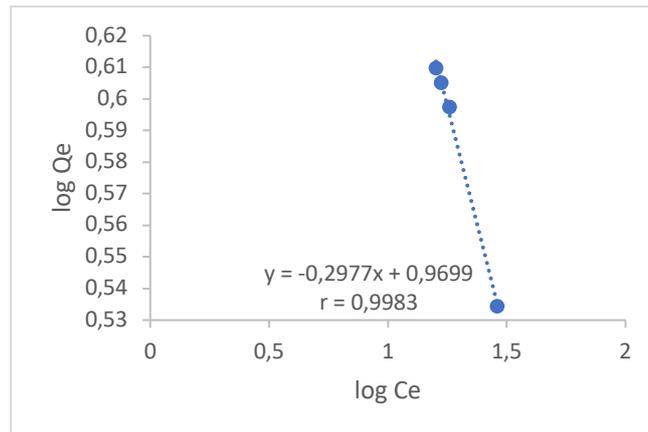
Penentuan pola isoterm adsorpsi ditentukan dengan metode regresi linier yang akan diperoleh nilai koefisien korelasi (r). Pada pola isoterm adsorpsi Langmuir berupa grafik hubungan antara C_e dengan C_e/Q_e , sedangkan pada pola isoterm adsorpsi Freundlich berupa grafik hubungan antara $\log C_e$ dengan $\log Q_e$. C_e merupakan konsentrasi setelah adsorpsi dan Q_e yaitu massa logam Cu yang terserap per gram adsorben biochar. Berdasarkan data penelitian diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 7. Grafik pola isoterm adsorpsi Langmuir disajikan pada Gambar 7 dan pola isoterm adsorpsi Freundlich disajikan pada Gambar 8.

Tabel 7. Data Hasil Adsorpsi Ion Logam Tembaga (Cu)

Massa (gram)	Waktu (menit)	Volume (Liter)	Ca (ppm)	Ce (ppm)	Qe	Ce/Qe	Log Ce	Log Qe
1	30	0,05	97,37	28,92	3,4225	8,449	1,4611	0,5343
1	60	0,05	97,37	18,22	3,9575	4,6039	1,2605	0,5974
1	90	0,05	97,37	15,95	4,071	3,9179	1,2028	0,6097
1	120	0,05	97,37	16,78	4,0295	4,1643	1,2248	0,6052



Gambar 7. Grafik Pola Isoterm Adsorpsi Langmuir



Gambar 8. Grafik Pola Isoterm Adsorpsi Freundlich

Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 14 dan Gambar 15 dapat dilihat bahwa nilai r pada pola isoterm adsorpsi Langmuir sebesar 0,9997 sedangkan pada pola isoterm adsorpsi Freundlich nilai r sebesar 0,9983. Pola isoterm adsorpsi Langmuir memiliki harga koefisien korelasi (r) yang lebih mendekati 1 dibandingkan pola isoterm adsorpsi Freundlich. Dengan hal ini adsorpsi logam tembaga (Cu) dengan menggunakan adsorben *biochar* limbah batang eceng gondok mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir. Pola isoterm adsorpsi Langmuir merupakan proses yang terjadi berdasarkan terbentuknya lapisan molekul tunggal (*monolayer*) yang identik ke permukaan dan jumlah yang terbatas [17]. Berdasarkan data tersebut dapat diasumsikan bahwa adsorpsi ion logam tembaga (Cu) terjadi pada permukaan adsorben *biochar* batang eceng gondok memiliki sifat yang homogen dan adsorbat yang teradsorpsi berbentuk tunggal (*monolayer*). Pola isoterm Langmuir menunjukkan bahwa luas permukaan sebanding dengan sisi aktif dengan jumlah tertentu pada permukaan adsorben. Pada tiap sisi aktif tersebut hanya satu molekul dapat diadsorpsi [18].

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa adsorben *biochar* batang eceng gondok dengan aktivasi memiliki kadar air 5,36% dan kadar abu 6,09%. Luas permukaan tanpa aktivasi yaitu 2,50712 m²/g dan dengan aktivasi yaitu 7,04196 m²/g. Proses adsorpsi pada limbah sintetik diperoleh massa terbaik yaitu 1 gram dan waktu kontak 90 menit. Adsorpsi pada limbah cair industri kerajinan perak rata-rata % teradsorpsi sebesar 63,64 %. Proses adsorpsi ini mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9997.

Daftar Pustaka

- [1]. Giyatmi, Trisma F. dan Deni S. Penurunan Kadar Cu dalam Limbah Cair Industri Perak Menggunakan Adsorben Abu Layang. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XVI 2020*, 1-7.
- [2]. Adhani, R. dan Husaini. *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press, Banjarmasin, 2017.

- [3]. Sekarwati, N., Murachman, B. dan Sunarto. Dampak Logam Berat Cu (Tembaga) dan Ag (Perak) pada Limbah Cair Industri Perak terhadap Kualitas Air Sumur dan Kesehatan Masyarakat serta Upaya Pengendaliannya di Kota Gede Yogyakarta. *Jurnal Ekosains*, VII(1) (2015), 64-76.
- [4]. Nurhayati, I., Vigiani, S., & Majid, D. Penurunan Kadar Besi (Fe), Kromium (Cr), COD dan BOD Limbah Cair Laboratorium dengan Pengenceran, Koagulasi, dan Adsorpsi. *Ecotrophic* 14(1) (2020), 74–87.
- [5]. Shafirinia, R., Oktiawan, W., & Wardana, I. W. Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Krom (Cr) dan Tembaga (Cu) dengan Arang Aktif dari Limbah Kulit Pisang pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam (Elektroplating) Krom. *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9) (2019), 1689–1699.
- [6]. Arisna, R., Zaharah, T. A., & Rudiyansyah. Adsorpsi Besi dan Bahan Organik pada Air Gambut oleh Karbon Aktif Kulit Durian. *Jurnal Kimia Khatulistiwa* 5(3) (2016), 31–39.
- [7]. Kusuma, I Dewa G. D. P., Ni Made W., dan I Gusti L. W. Isoterm Adsorpsi Cu^{2+} oleh Biomassa Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*). *Jurnal Pendidikan Kimia* 2(1) (2014), 1-10.
- [8]. Pratama, B. S., Aldriana, P., Bambang, I., & Saptati, A. D. (2018). Konversi Ampas Tebu Menjadi *Biochar* dan Karbon Aktif untuk Penyisihan Cr (VI). *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan* 2(1) 2018, 7–12.
- [9]. Yusuf, T. G. M., Syafitra, D., Utami, L. I., & Wahyusi, K. N. Pemanfaatan *Biochar* dari Sabut Siwalan sebagai Adsorben Larutan Cu. *ChemPro* 1(2) (2020), 1–7.
- [10]. Azizi, A. A., Erdawati, & Suhartono. Pengaruh Massa *Bio-Char* Kayu Akasia (*Acacia mangium*) dan Waktu Perendaman *Bio-Char* terhadap Adsorpsi Sebum Buatan. *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan* 8(1) (2019), 37-43.
- [11]. Ardiyanto, N. R. N., Try N. A., & Baiq M. F. *Biochar* dari Serbuk Gergaji Kayu Mahoni Termodifikasi Magnetite (Fe_3O_4) untuk Menurunkan Kadar Logam Kromium dalam Limbah Batik. *Indonesian Journal of Chemical Research* 5(1) (2020), 24-32.
- [12]. Nuria, F. I., Anwar, M., & Purwaningsih, D. Y. Pembuatan Karbon Aktif dari Enceng Gondok. *Jurnal Tecnoscienza* 5(1) (2020), 37–48.
- [13]. Erawati, E. & Ardiansyah F. Pengaruh Jenis Aktivator dan Ukuran Karbon Aktif terhadap Pembuatan Adsorbent dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*). *Jurnal Integrasi Proses* 7(2) (2018), 58-66.
- [14]. Gumelar, D., Yusuf H., & Rini Y. Pengaruh Aktivator dan Waktu Kontak terhadap Kinerja Arang Aktif Berbahan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) pada Penurunan COD Limbah Cair Laundry. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* 3(1) (2015), 15-23.
- [15]. Oko, S., Mustafa, Andri K., & Ega S. B. P. Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Aktivator HCl terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Kopi. *Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna* 17(1) (2021), 15-21.
- [16]. Tudjuka, M. D., Daud K. W., & Baharuddin H. Arang Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai Adsorben Fenol pada Limbah PLTU Palu. *Jurnal Akademika Kimia* 6(2) (2017), 119-124.
- [17]. Mayangsari, Novi Eka & Ulvi Pri Astuti. Model Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cu^{2+} Menggunakan Selulosa Daun Nanas. *Jurnal Chemurgy* 5(1) (2020), 15-21.
- [18]. Murtihapsari, Bertha M., & Dini D. H. Model Isoterm Freundlich dan Langmuir oleh Adsorben Arang Aktif Bambu Andong (*G. verticillata* (Wild) Munro) dan Bambu Ater (*G. atter* (Hassk) Kurz ex Munro). *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa* 2(1) (2012), 17-23.