

Arang Kulit Kacang Tanah Teraktivasi H_3PO_4 sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II) dan Diimobilisasi dalam Bata Beton

Mohammad Nurul Setyawan[✉], Sri Wardani, Ella Kusumastuti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Agustus 2018

Disetujui Oktober 2018

Dipublikasikan November
2018

Keywords:

arang aktif
kulit kacang tanah
adsorpsi
ion logam Cu(II)
bata beton

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik arang kulit kacang tanah dan arang kulit kacang tanah teraktivasi H_3PO_4 serta untuk mengetahui kemampuan arang aktif untuk adsorpsi ion logam Cu(II) pada kondisi optimum yang kemudian diaplikasikan dalam pembuatan bata beton. Arang kulit kacang tanah teraktivasi dibuat dengan proses karbonisasi dan aktivasi menggunakan larutan H_3PO_4 10%. Arang kulit kacang tanah tanpa aktivasi memiliki kadar air sebesar 2,99%, kadar abu sebesar 14,23%, daya serap terhadap iod sebesar 1628,90 mg/g, dan luas permukaan sebesar 27,247 m^2/g , sedangkan arang kulit kacang tanah teraktivasi memiliki kadar air sebesar 0,4 %, kadar abu sebesar 1,59 %, daya serap terhadap iod sebesar 1998,33 mg/g, dan luas permukaan sebesar 3,918 m^2/g . Optimasi pH diperoleh pada pH 3 dengan daya serap ion logam Cu(II) sebesar 45,6553 mg/g, optimasi waktu kontak diperoleh pada waktu 75 menit dengan kemampuan daya serap sebesar 8,5448 mg/g, dan optimasi konsentrasi diperoleh pada konsentrasi 90 ppm dengan kemampuan daya serap sebesar 17,6857 mg/g. Kualitas bata beton yang dihasilkan dengan penambahan limbah arang kulit kacang tanah teraktivasi setelah digunakan sebagai adsorben ion logam Cu(II) memiliki kuat tekan yaitu sebesar 23,8824 MPa, dibandingkan kuat tekan bata beton biasa sebesar 22,6834 MPa dan bata beton dengan penambahan arang aktif sebesar 18,1523 MPa. Uji *leaching* pada bata beton mengandung ion logam Cu(II) memiliki kualitas yang baik karena hanya melepaskan $8,685 \times 10^{-9}$ ppm ion logam Cu(II) kembali.

Abstract

This study aims to determine the characteristics of peanut skin charcoal and peanut shells activated by H_3PO_4 as well as to determine the ability of activated charcoal for adsorption of Cu (II) metal ions at optimum conditions which are then applied in making concrete brick. Activated peanut skin charcoal is made by carbonization and activation using 10% H_3PO_4 solution. Peanut shell charcoal without activation has a water content of 2.99%, ash content of 14.23%, absorption of iodine of 1628.90 mg/g, and a surface area of 27.227 m^2/g , while the peanut charcoal is activated has a water content of 0.4%, ash content of 1.59%, absorption capacity of iod of 1998.33 mg/g, and a surface area of 3.918 m^2/g . Optimization of pH was obtained at pH 3 with adsorption of Cu (II) metal ions at 45.6553 mg/g, optimization of contact time was obtained at 75 minutes with absorbability of 8.5448 mg/g, and concentration optimization was obtained at a concentration of 90 ppm with Absorption ability of 17.6857 mg/g. The quality of the concrete brick produced by the addition of activated peanut skin charcoal waste after being used as adsorbent for Cu (II) metal ions has a compressive strength of 23.8824 MPa, compared to the compressive strength of ordinary concrete brick of 22.6834 MPa and concrete brick with the addition of charcoal active at 18.1523 MPa. Leaching tests on concrete brick containing Cu (II) metal ions have good quality because they only contain 8.685×10^{-9} ppm of released Cu (II) metal ions.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

Pendahuluan

Kacang tanah merupakan salah satu makanan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Salah satu tanaman yang sangat disukai masyarakat Indonesia tersebut sering dikonsumsi baik secara langsung maupun diolah menjadi bahan makanan atau minuman yang bernilai ekonomi tinggi karena kacang tanah merupakan salah satu tumbuhan yang dapat tumbuh subur di Indonesia, mudah ditemui, dan berharga ekonomis. Produksi pangan yang dapat dibuat dari kacang tanah yaitu kacang rebus, kacang garing, kacang atom, sampai dengan minyak dan tempe kacang (Badan Litbang Pertanian, 2012). Salah satu bagian dari kacang tanah yang belum banyak dimanfaatkan adalah kulitnya, saat ini kulit kacang tanah digunakan untuk bahan bakar dan sebagian besar hanya menjadi sampah (Sumarno, 1986). Menurut Sari & Maimunah (2003), kacang tanah mengandung selulosa (65,7%), karbohidrat (21,2%), protein (7,3%), mineral (4,5%), dan lemak (1,2%). Kandungan selulosa yang tinggi pada kacang tanah dapat dijadikan alternatif dalam pembuatan arang atau karbon aktif.

Selain kulit kacang tanah, pencemar lingkungan yang sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari adalah logam berat. Logam berat yang menjadi pencemar lingkungan paling banyak salah satunya adalah tembaga (Cu). Permasalahan yang sering muncul akibat logam berat Cu adalah masalah tercemarnya lingkungan dan masalah terganggunya kesehatan manusia. Logam Cu merupakan salah satu logam berat yang bersifat toksik terhadap organisme air dan manusia pada batas konsentrasi tertentu (Islamiyah, 2014).

Metode yang telah dikembangkan untuk mengatasi pencemaran logam berat seperti ion logam Cu(II) antara lain pengendapan, penukar ion, filtrasi membran, reduksi elektrokimia, dan adsorpsi (Siregar, 2009). Adsorpsi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengolah logam berat secara kimia yang sering dilakukan. Metode adsorpsi memiliki kelebihan dari metode yang lain karena prosesnya lebih sederhana, biayanya relatif murah, ramah lingkungan, dan tidak adanya efek samping zat beracun (Gupta & Bhattacharyya, 2008; Blais *et al.*, 2000).

Ion logam Cu(II) dapat diadsorpsi menggunakan arang aktif yang terbuat dari limbah kulit kacang tanah. Prasetyo (2013) telah melakukan penelitian menggunakan arang aktif kulit kacang tanah untuk menurunkan kadar COD dan BOD dalam air limbah industri farmasi, dan pada penelitian Saputro (2010), yang memanfaatkan kulit kacang tanah sebagai karbon aktif dengan aktivator asam sulfat. Irdhawati *et al.* (2016), melakukan penelitian tentang kulit kacang tanah yang diaktivasi menggunakan asam (H_2SO_4) dan basa (NaOH) untuk menyerap ion fosfat.

Arang kulit kacang tanah teraktivasi yang digunakan sebagai adsorben limbah ion logam berat Cu(II) akan menjadi masalah baru karena setelah menyerap limbah ion logam berat Cu(II) pasti akan terurai kembali sebagai limbah arang aktif. Pengikatan limbah cair pada keadaan tertentu juga akan berdampak pada terlepasnya kembali limbah yang telah terikat oleh adsorben. Hal tersebut juga akan berdampak pada pencemaran lingkungan kembali oleh adsorben arang aktif (Zuhroh, 2015). Tentu saja, perlu dilakukan pengkajian ulang untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Metode paling tepat yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah menggunakan proses pengikatan logam (imobilisasi) dalam bahan matriks tertentu dengan cara solidifikasi/stabilisasi. Metode imobilisasi melibatkan pencampuran agen pengikat dengan logam berbahaya yang dalam hal ini adalah ion logam Cu(II). Adsorben dan limbah ion logam Cu(II) tersebut dapat ditangani dengan proses imobilisasi yaitu dijadikan sebagai campuran ke dalam pembuatan bata beton (*paving block*).

Pada penelitian Zuhroh (2015), arang aktif serabut kelapa yang digunakan untuk mengadsorpsi Cr(VI) dicampurkan ke dalam batako untuk menggantikan volume pasir yang digunakan. Menurut penelitian Hana & Siswadi (2008), limbah industri peleburan tembaga dapat digunakan dalam campuran pembuatan beton. Yunsheng *et al.* (2006), melakukan sintesis *slag* geopolimer yang mengandung Pb dan Cu. Zheng *et al.* (2014) melakukan penelitian tentang imobilisasi Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} dalam pembuatan geopolimer. Imobilisasi menggunakan logam berat juga dilakukan Ratri *et al.* (2018) yang melakukan imobilisasi ion logam Ni^{2+} dan Cr^{3+} pada geopolimer berbasis abu layang dan serat daun nanas.

Penelitian yang akan dilakukan yaitu tentang adsorpsi limbah logam berat Cu dengan arang kulit kacang tanah aktif pelepasan limbah logam berat Cu pada kondisi optimum ditambahkan sebagai campuran ke dalam bata beton (*paving block*).

Metode

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnance*, desikator, tempat pembuatan arang dari drum bekas, ayakan 100 *mesh*, *shaker* mekanik, pH meter, oven, cetakan bata beton, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) *Perkin Elmer Pin A Acl 900 F*, *Surface Area Analyzer Quantachrom NOVA 1200e*, dan *Universal Testing Machine* ELE. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu arang kulit kacang

tanah; indikator pH universal, H_3PO_4 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, HNO_3 , NaOH dengan *grade pro analyst* buatan Merck, serta aquademin, dan aquades.

Preparasi sampel arang dilakukan dengan mencuci kulit kacang tanah, dikeringkan selama 8 jam di bawah sinar matahari. Setelah kering kulit kacang tanah dibakar menggunakan drum termodifikasi hingga terbentuk menjadi arang. Arang yang terbentuk kemudian ditimbang lalu diayak menggunakan ayakan 100 *mesh* dan direndam selama 7 jam dalam larutan H_3PO_4 10% (Rahmawati *et al.*, 2013). Setelah sampel selesai direndam kemudian disaring menggunakan kertas whatman dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai berat konstan. Karbon aktif yang telah dihasilkan dicuci menggunakan aquademin sampai filtrat mempunyai pH netral (pH 6 sampai 7) yang diukur menggunakan kertas pH *universal*. Setelah dicuci, karbon aktif kulit kacang tanah selanjutnya dikeringkan dengan oven pada suhu 110°C sampai berat konstan setelah itu karbon siap untuk diukur luas permukaannya menggunakan SAA (metode BET) (Kurniawan *et al.*, 2014). Arang yang sudah diaktivasi kemudian dilakukan uji karakterisasi meliputi kadar air, kadar abu, dan daya serap iod.

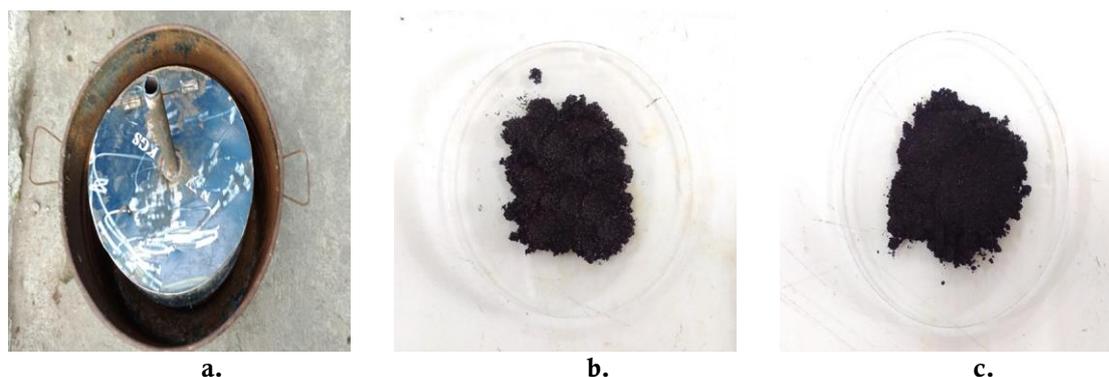
Kemampuan adsorpsi arang kulit kacang tanah teraktivasi H_3PO_4 terhadap ion logam Cu(II) dilakukan dengan cara menambahkan 0,05 g arang ke dalam erlenmeyer yang berisi 50 mL larutan logam Cu(II) 100 mg/L dengan variasi pH 3, 4, 5, dan 8. Erlenmeyer tersebut kemudian diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 100 rpm selama 60 menit. Setelah itu disaring dan dianalisis menggunakan alat ukur AAS pada panjang gelombang 324,8 nm. Untuk adsorpsi dengan variasi waktu selama 45, 60, 75, 90, dan 120 menit menggunakan 50 mL larutan ion logam Cu(II) dengan pH optimum diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 100 rpm. Adsorpsi dengan variasi konsentrasi sebesar 20, 30, 70, 90, 100 ppm menggunakan 50 mL larutan ion logam Cu(II) dengan pH optimum diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 100 rpm selama waktu optimum yang digunakan pada penelitian sebelumnya.

Kondisi optimum yang diperoleh oleh arang kulit kacang tanah sebagai adsorben ion logam Cu(II) selanjutnya diimobilisasi sebagai campuran dalam pembuatan bata beton. Penelitian ini dilakukan dengan mencampurkan 3 gram adsorben arang yang sudah digunakan untuk proses adsorpsi ke dalam campuran semen dan pasir dengan komposisi semen sebanyak 300 g dan pasir sebanyak 600 g dengan faktor air semen sebesar 0,2 atau sebanyak 120 mL (Hasanah, 2016). Komposisi tersebut dicetak ke dalam 3 buah cetakan kayu berbentuk kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm yang kemudian dikeringkan selama 28 hari. Setelah 28 hari bata beton yang mengandung arang kulit kacang tanah teraktivasi dan ion logam Cu(II) diuji karakteristiknya yaitu meliputi uji kuat tekan dan uji *leaching* menggunakan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP).

Kuat tekan bata beton dilakukan menggunakan alat bernama *universal testing machine* ELE dengan cara bata beton diletakkan pada papan uji dan diberikan gaya hingga retak. Uji *leaching* menggunakan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) dilakukan dengan membuat sampel bata beton menjadi serbuk dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*. Kemudian sampel tersebut ditambahkan 50 mL larutan HNO_3 dan campuran tersebut diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan putaran 30 rpm selama 18 jam (USEPA, 1992). Setelah diaduk, sampel disaring menggunakan kertas *whatman* dan filtrat yang diperoleh diuji kandungan ion logam Cu(II) menggunakan AAS pada panjang gelombang 324,8 nm.

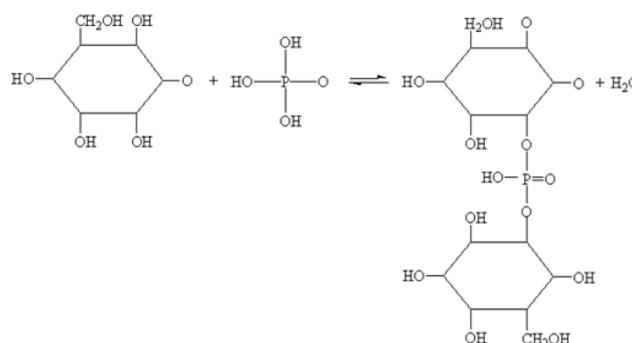
Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan dimulai dari pembuatan arang aktif dari kulit kacang tanah yang berfungsi sebagai adsorben untuk mengurangi konsentrasi ion logam Cu(II). Proses pembuatan arang aktif memiliki beberapa tahap, yaitu: proses dehidrasi/proses pengurangan air, proses karbonisasi/proses pembakaran untuk memecah senyawa organik menjadi karbon, serta proses aktivasi/proses perluasan pori-pori arang. Proses dehidrasi dilakukan untuk menghilangkan kandungan air kulit kacang tanah setelah dilakukan pencucian yang dilakukan dengan cara mengeringkan kulit kacang tanah selama 8 jam di bawah sinar matahari. Kulit kacang yang sudah kering kemudian dibakar menggunakan drum yang sudah dimodifikasi agar arang yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Pembakaran dilakukan selama 2 jam yang diharapkan pembakaran dapat berjalan baik dan merata. Drum termodifikasi untuk proses pembakaran ditunjukkan pada Gambar 1.a. Arang kulit kacang tanah yang dihasilkan memiliki warna hitam pekat seperti yang diharapkan. Arang hasil pembakaran kulit kacang tanah yang dihasilkan cukup baik dan dapat ditunjukkan pada Gambar 1.b. Tahap selanjutnya adalah arang dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*, dan selanjutnya dilakukan proses aktivasi menggunakan larutan H_3PO_4 . Aktivasi yang dilakukan pada arang kulit kacang tanah menggunakan aktivasi kimia. Bahan kimia yang digunakan untuk proses aktivasi adalah larutan H_3PO_4 dengan konsentrasi 10% yang dilakukan dengan cara direndam. Proses aktivasi ini bertujuan untuk menghilangkan zat-zat yang menutupi pori-pori pada permukaan arang aktif (Diao *et al.*, 2002). Arang kulit kacang tanah yang sudah diaktivasi ditunjukkan pada Gambar 1.c.



Gambar 1. a. Drum termodifikasi untuk proses pembakaran kulit kacang tanah
b. Arang kulit kacang tanah
c. Arang kulit kacang tanah teraktivasi H_3PO_4

Mekanisme reaksi aktivasi arang kulit kacang tanah dengan H_3PO_4 dapat dilihat pada Gambar 2. Reaksi tersebut menunjukkan bahwa aktivator H_3PO_4 bereaksi dengan oksigen yang terkandung di dalam arang karena material arang kulit kacang tanah merupakan lignoselulosa yang memiliki kandungan oksigen yang tinggi sehingga aktivator asam seperti asam fosfat akan beraksi dengan gugus fungsi pada arang yang mengandung oksigen (Hsu & Teng, 2000 dikutip oleh Esterlita & Herlina, 2015).



Gambar 2. Mekanisme reaksi aktivasi arang dengan H_3PO_4 (Esterlita & Herlina, 2015)

Karakterisasi Arang kulit kacang tanah meliputi uji kadar air, kadar abu, daya serap iod, dan luas permukaan arang. Hasil pengujian karakterisasi dari arang kulit kacang tanah (AKKT) dan arang kulit kacang tanah teraktivasi (AKKTT) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil karakterisasi AKKT dan AKKTT

No	Karakterisasi	AKKT	AKKTT	Referensi
	Kadar air	2,99%	0,40%	SNI 06-3730-1995 maks. 15%
	Kadar abu	14,23%	1,59%	SNI 06-3730-1995 maks. 10%
	Daya serap iod	1628,90 mg/g	1998,33 mg/g	SNI 06-3730-1995 min. 750 mg/g 218,2438 mg/g 282,5695 mg/g (Lestari, 2016) (Lestari, 2016)
	Luas permukaan	27,247 m ² /g	3,918 m ² /g	Minimal 5 m ² /g (Anugerah & Irianty, 2015)

*AKKT : arang kulit kacang tanah

*AKKTT : arang kulit kacang tanah teraktivasi

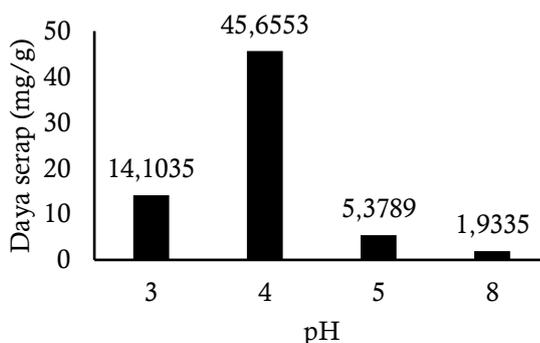
Hasil karakterisasi yang ditunjukkan pada Tabel 1. menunjukkan bahwa nilai kadar air arang kacang kulit kacang tanah yang teraktivasi maupun yang sudah teraktivasi oleh H_3PO_4 berbentuk serbuk arang yang memiliki kadar air yang baik digunakan sesuai syarat mutu dan pengujian arang aktif. Menurut SNI 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif, arang aktif yang baik adalah arang aktif yang memiliki kadar air maksimal 15% untuk yang berbentuk serbuk. Arang kulit kacang tanah teraktivasi memiliki kadar air yang lebih kecil karena fungsi aktivator pada terhadap kadar air yaitu sebagai agen pendehidrasi (Miranti, 2012).

Sedikitnya angka kadar abu yang dimiliki oleh arang kulit kacang tanah teraktivasi H_3PO_4 yang ditunjukkan pada Tabel 1 baik digunakan sebagai adsorben karena menurut SNI 06-3730-1995, arang aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 2,5 % untuk granular dan 10% untuk serbuk. Adanya aktivator seperti H_3PO_4 dapat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kadar abu dalam melarutkan mineral-mineral anorganik yang terkandung dalam arang aktif (Budiono, 2006). Kandungan abu dapat berupa kalsium, kalium magnesium dan natrium yang dapat menutup dan menghalangi pori-pori arang aktif (Benaddi *et al.*, 2002).

Daya serap iod pada arang kulit kacang tanah yaitu sebesar 1628,90 mg/g, sedangkan untuk arang kulit kacang tanah teraktivasi H_3PO_4 memiliki daya serap iod sebesar 1998,33 mg/g. Kedua hasil tersebut sudah memenuhi syarat SNI 06-3730-1995 yang telah ditetapkan yaitu sebesar 750 mg/g, dan hasil tersebut bila dibandingkan dengan penelitian Lestari (2016), daya serap arang kulit kacang tanah sebesar 218,2438 mg/g dan daya serap arang kulit kacang tanah teraktivasi H_2SO_4 sebesar 282,5695 mg/g. Penggunaan aktivator H_3PO_4 sesuai dengan pernyataan Koleangan & Wunthu (2008), bahwa penggunaan aktivator H_3PO_4 mampu membuka pori pada arang sehingga arang aktif yang dihasilkan memiliki daya serap yang lebih baik karena unsur-unsur penyusun H_3PO_4 berikatan secara kovalen.

Luas permukaan merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui karena semakin besar luas permukaan kemampuan adsorpsi arang aktif akan semakin meningkat. Arang kulit kacang tanah tanpa aktivasi memiliki luas permukaan sebesar 27,247 m^2/g , sedangkan arang kulit kacang tanah teraktivasi memiliki luas permukaan sebesar 3,918 m^2/g . Kecilnya luas permukaan yang dihasilkan oleh arang kulit kacang tanah teraktivasi H_3PO_4 dapat dikarenakan konsentrasi larutan H_3PO_4 yang diterima oleh arang terlalu besar yaitu sebesar 3,5 M maka jumlah mineral yang ditambahkan (terkandung dalam arang) juga semakin besar, sehingga tidak semua mineral pada arang dapat dieliminasi oleh larutan H_3PO_4 dan mengakibatkan semakin sedikitnya struktur pori yang terbentuk karena tertutup oleh sisa mineral yang tertinggal pada arang (Kurniawan *et al.*, 2014).

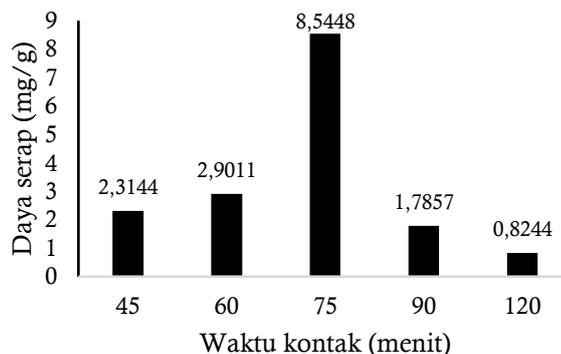
Penentuan pH optimum dalam proses adsorpsi adalah untuk mengetahui nilai pH adsorpsi logam Cu(II) oleh arang aktif kulit kacang tanah dan untuk mempelajari pengaruh pH terhadap adsorpsi arang kulit kacang tanah. Data yang diperoleh setelah melakukan penentuan pH optimum pada logam Cu(II) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil penentuan pH Cu(II) optimum

Hasil yang diperoleh dari Gambar 3. memperlihatkan bahwa kondisi pH optimum adsorpsi ion logam Cu(II) oleh arang kulit kacang tanah tercapai pada pH 4 dengan kemampuan daya serap sebesar 45,6533 mg/g. Adsorpsi ion Cu(II) oleh adsorben arang aktif meningkat dari pH 3 ke pH 4. Pada pH asam terjadi protonasi gugus amina ($-NH_2$) pada adsorben menjadi $-NH_3^+$ yang mengurangi situs aktif pada permukaan adsorben untuk mengadsorpsi ion Cu(II). Ion H^+ pada larutan juga dapat bersaing dengan ion logam untuk situs aktif ($-NH_2$) sehingga dapat menurunkan ion yang teradsorpsi (Guibal *et al.*, 1998). Pada pH 5 dan 8 jumlah adsorpsi ion Cu(II) oleh arang aktif semakin menurun yang disebabkan jumlah ion Cu(II) dalam larutan semakin berkurang karena terbentuknya endapan yang menyebabkan jumlah ion Cu(II) yang terdapat dalam larutan berkurang bahkan hilang karena ion Cu(II) akan terikat dengan gugus $-OH$ dan membentuk endapan $Cu(OH)_2$. Ion Cu(II) mulai membentuk endapan $Cu(OH)_2$ pada pH 5, 6, dan mengendap sempurna pada pH 7,1 (Shevla, 1990).

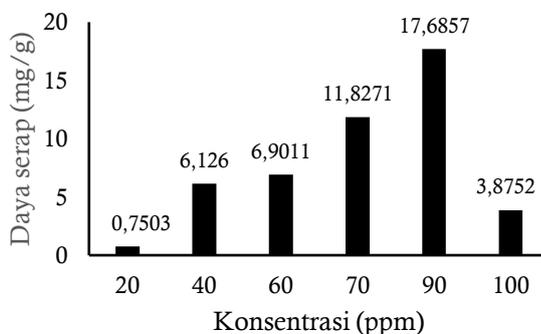
Penentuan waktu kontak optimum dalam penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui waktu optimum yang dibutuhkan arang kulit kacang teraktivasi H_3PO_4 untuk mengadsorpsi larutan logam Cu(II). Data yang diperoleh setelah melakukan penentuan waktu kontak optimum pada logam Cu(II) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil penentuan waktu kontak optimum

Menurut hasil data yang disajikan menunjukkan bahwa waktu kontak optimum yang diperlukan adsorben arang kulit kacang tanah untuk menyerap logam berat Cu(II) terjadi pada waktu pengadukan 75 menit dengan kemampuan daya serap sebesar 8,5448 mg/g. Penurunan kemampuan daya serap ion Cu^{2+} yang teradsorpsi oleh arang aktif kulit kacang tanah terjadi pada waktu kontak selama 75 menit sampai pada waktu kontak selama 120 menit disebabkan karena penurunan konsentrasi ion logam Cu(II) yang terjadi sebelum karbon aktif mengalami kejenuhan yaitu mencapai keadaan di mana karbon aktif tidak dapat menyerap lagi logam berat (ion logam Cu(II)). Adsorpsi adalah pengikatan molekul atau partikel ke sebuah permukaan zat padat (Cheremisinoff, 2002 dikutip oleh Alverina, 2014).

Penentuan konsentrasi optimum merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi. Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil penentuan konsentrasi optimum

Data yang diperoleh pada Gambar 5 menunjukkan adsorpsi ion logam Cu(II) meningkat dan mencapai puncak adsorpsi pada konsentrasi 90 ppm dengan kemampuan daya serap sebesar 17,6857 mg/g. Pada saat konsentrasi 100 ppm adsorpsi cenderung turun. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi konsentrasi ion logam dalam limbah maka jumlah ion logam yang teradsorpsi semakin banyak, namun ketika mencapai kesetimbangan ion logam tidak akan dapat lagi teradsorpsi sehingga saat adsorben sudah jenuh, tidak akan terjadi lagi transfer masa dari fase cair ke fase padat (Hui *et al.*, 2005).

Pada penelitian ini limbah dari adsorben arang kulit kacang tanah teraktivasi H_3PO_4 yang telah digunakan dan mengandung larutan logam Cu(II) pada kondisi optimum diimobilisasi ke dalam bata beton. Pengujian kuat tekan bata beton dilakukan untuk mengetahui kemampuan bata beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas, sehingga hasil kuat tekan dapat dijadikan sebagai pengukuran nilai mutu dari bata beton. Hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil kuat tekan bata beton

No	Sampel	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	Paving	22,6834
2	Paving + Arang	18,1523
3	Paving + Arang + Cu	23,8824

Data yang ditampilkan pada Tabel 2. menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata bata beton setelah umur 28 hari dengan penambahan limbah arang yang sudah digunakan untuk adsorpsi logam Cu(II) sebesar 23,8824 MPa, paving tanpa penambahan limbah adsorben dan logam Cu(II) sebesar 22,6834 MPa, dan paving dengan penambahan arang kulit kacang tanah teraktivasi H₃PO₄ sebesar 18,1523 MPa. Hasil kuat tekan dari ketiga sampel tersebut layak digunakan menurut SNI 03-0691-1996 tentang bata beton. Penambahan logam berat ion logam Cu(II) membuat kuat tekan pada bata beton semakin meningkat. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Persada *et al.* (2018) yang menambahkan logam Fe³⁺ dan Cr⁶⁺ pada pembuatan geopolimer berbasis abu layang-abu sekam padi dengan kuat tekan optimum dengan penambahan ion logam berat dengan konsentrasi 60 mmol yaitu sebesar 37,22 MPa (Fe³⁺) dan 36,14 MPa (Cr⁶⁺) dan memiliki kuat tekan minimum dengan penambahan ion logam berat dengan konsentrasi 100 mmol yaitu sebesar 20,36 (Fe³⁺) MPa dan 20,74 MPa (Cr⁶⁺).

Pengujian *leaching* menggunakan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak larutan logam Cu(II) yang terlepas kembali ke lingkungan setelah dilakukan perendaman dengan asam nitrat (HNO₃). Hasil yang diperoleh dari analisis sampel menggunakan AAS diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *leaching* menggunakan metode TCLP

No	Sampel	Konsentrasi Cu <i>terleaching</i> (ppm)
1.	Bata beton + Arang + ion logam Cu(II)	8,685 x 10 ⁻⁹

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar ion Cu(II) yang dihasilkan sangat sedikit yaitu sebesar 8,685 x 10⁻⁹ ppm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa imobilisasi untuk adsorben arang kulit kacang tanah teraktivasi H₃PO₄ dan ion logam Cu(II) berhasil karena konsentrasi awal larutan ion logam Cu(II) yang digunakan untuk imobilisasi adalah sebesar 90 ppm. Angka yang diperoleh dari hasil uji TCLP pada penelitian ini lebih baik dibandingkan penelitian Dewi *et al.*, (2016) yang mengidentifikasi keberadaan logam Cu sebesar 0,245 ppm dan masih dikatakan aman untuk digunakan sebagai bata beton sebab baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah dalam PP No. 85 tahun 1999 untuk logam Cu adalah sebesar 10 ppm.

Simpulan

Arang kulit kacang tanah tanpa aktivasi memiliki kadar air sebesar 2,99%, kadar abu sebesar 14,23%, daya serap terhadap iod sebesar 1628,90 mg/g, dan luas permukaan sebesar 27,247 m²/g, sedangkan arang kulit kacang tanah teraktivasi memiliki kadar air sebesar 0,4 %, kadar abu sebesar 1,59 %, daya serap terhadap iod sebesar 1998,33 mg/g, dan luas permukaan sebesar 3,918 m²/g. Optimasi pH diperoleh pada pH 3 dengan daya serap ion logam Cu(II) sebesar 45,6553 mg/g. Optimasi waktu kontak diperoleh pada waktu 75 menit dengan kemampuan daya serap sebesar 8,5448 mg/g. Optimasi konsentrasi diperoleh pada konsentrasi 90 ppm dengan kemampuan daya serap sebesar 17,6857 mg/g. Bata beton yang dihasilkan dari proses imobilisasi dari adsorben arang kulit kacang tanah teraktivasi H₃PO₄ setelah digunakan adsorpsi ion logam Cu(II) menghasilkan kuat tekan sebesar 23,8824 MPa yang sudah memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 tentang bata beton dan baik digunakan sebagai tempat parkir. Di samping itu, hasil uji *leaching* juga menunjukkan hasil yang baik karena hanya 8,685 x 10⁻⁹ ppm logam Cu(II) yang berhasil diketahui dan mengindikasikan bahwa bata beton pada penelitian ini berhasil menjebak larutan logam Cu(II) untuk terlepas kembali ke lingkungan.

Daftar Pustaka

- Alverina, N.B.R.S. 2014. Efektivitas Penyerapan Logam Berat Cu dan Cr oleh Karbon Aktif Bonggol Jagung dan Karbon Aktif Sekam Padi pada Air Lindi TPA (Tempat Pembungan Akhir) Sampah. *Skripsi*. Malang: Universitas Brawijaya
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2012. *Kacang Tanah: Sumber Pangan Sehat dan Menyehatkan*. Agroinovasi Edisi 21-27 Maret. Jakarta
- Blais, J.F., B. Dufresne, & G. Mercier. 2000. State of The Art of Technologies for Metal Removal from Industrial Effluents. *Revue des Sciences de l'Eau*, 12(4): 687-711
- Budiono, A., Suhartana, & Gunawan. 2009. Pengaruh Aktivasi Arang Temputung Kelapa dengan Asam Sulfat dan Asam Posfat untuk Adsorpsi Fenol. *E-Journal*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Diao, Y.L., W.P. Walawender, & L.T. Fan. 2002. Activated Carbons Prepared from Phosphoric Acid Activation of Grain Sorghum. *Bioresource Technology*, 81: 45-52

- Dewi, N.R., D. Darmawan, & M.L. Ashari. 2016. Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit dan *Fly Ash* sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (BSP). *Jurnal Presipasi*, 13(2): 34-43
- Esterlita, M.O., & N. Herlina. 2015. Pengaruh Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepeh Aren (*Arenga Pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(4): 47-52
- Gupta, S.S., & K.G. Bhattacharyya. 2008. Adsorption of a Few Heavy Metals on Natural and Modified Kaolinite and Montmorillonite. *Advances in Colloid and Interface Science*, 140: 114-131
- Hana, M.A., & Siswadi. 2008. *Studi Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton dengan Agregat Halus Copper Slag*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 2. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Hasanah, U. 2016. Pemanfaatan Abu Daun Bambu Teraktivasi untuk Adsorpsi Logam Cd(II) dan Diimobilisasi dalam Paving. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Irdhawati, A. Andini, & A. Made. 2016. Daya Serap Kulit Kacang Tanah Teraktivasi Asam Basa dalam Menyerap Ion Fosfat Secara Bath dengan Metode Bath. *Journal Kimia Riset*, 1(1): 52-57
- Islamiyah, S.N., & T. Koestiari. 2014. Analisis Kadar Logam Tembaga(II) di Air Laut Kenjeran. *Prosiding Nasional Kimia*, ISBN: 978-602-0951-00-3
- Koleangan, H.S.J., & A.D. Wuntu. 2008. Kajian Stabilitas Termal dan Karakter Kovalen Zat Pengaktif pada Arang Aktif Limbah Gergajian Kayu. *Prosiding Kimia*, 1(1): 43-46
- Kurniawan, R., M. Luthfi, & A.N. Wahyunanto. 2014. Karakterisasi Luas Permukaan BET (*Braunauer, Emmelt, dan Teller*) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat (H_3PO_4). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 2(1): 15-20
- Miranti, S.T. 2012. Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Activating Agent H_3PO_4 dan KOH. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia
- Persada, M.B., E. Kusumastuti, & F.W. Mahatmanti. 2018. Imobilisasi Fe^{3+} dan Cr^{6+} pada Geopolimer Berbasis Abu Layang-Abu Sekam Padi. *Indo J. Chem. Sci.*, 7(1): 77-85
- Rahmawati, E., & L. Yuanita. 2013. Adsorpsi Pb^{2+} oleh Arang Aktif Sabut Siwalan (*Borassus flabellifer*). *Journal of Chemistry*, 3(2): 82-87
- Ratri, I.R.N., M.B., E. Kusumastuti, & F.W. Mahatmanti. 2018. Imobilisasi Ion Logam Ni^{2+} dan Cr^{3+} pada Geopolimer Berbasis Abu Layang dan Serat Daun Nanas. *Indo J. Chem. Sci.*, 7(2): 167-174
- Saputro, M. Pembuatan Karbon Aktif dari Kuli Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*) dengan Aktivator Asam Sulfat. *Tugas Akhir*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Sari, I.P., & U. Maimunah. 2003. Uji Efek Hipoglikemik Infus Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogea* L) pada Tikus Putih Jantan (Wistar) yang Dibeberani Glukosa. *Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Siregar, T.H. 2009. Pengurangan Cemaran Logam Berat pada Perikanan dan Produk Perikanan dengan Metode Adsorpsi. *Squalen*, 4(1): 24-30
- SNI 03-0691-1996. *Persyaratan Mutu Bata Beton (Paving Block)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-1750-1990. *Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Sumarno. 1986. *Teknik Budidaya Kacang Tanah*. Bandung: PT. Sinar Baru
- U.S. Environmental Protection Agency. 1992. *Toxicity Characteristic Leaching Procedure Method 1311*. Washington: DC
- Yunsheng, Z.S. Wei, C. Qianly, & C. Lin, 2006. *Synthesis and Heavy Metal Immobilization Behavior of Slag Based Geopolymer*. *Journal of Hazardous Materials*. China: Southeast University
- Zheng, L., W. Wang, W. Qiao, Y. Shi, & X. Liu. 2014. Immobilization of Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , and Cd^{2+} During Geopolymerizations. *Research Article*. China: School of Environment
- Zuhroh, N. 2015. Adsorpsi Krom (VI) oleh Arang Aktif Serabut Kelapa (*Cocos nucifera*) serta Imobilisasinya sebagai Campuran Batako. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang