

## BIOCHARCOAL DARI BIJI SALAK (*Salacca edulis*) SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP KROMIUM

### Biocharcoal of Salak Seed (*Salacca edulis*) as an Absorbent for Chromium

\* Rudy Christiyanto Pongenda, Mery Napitupulu dan Daud K. Walanda

Pendidikan Kimia/FKIP - Universitas Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Received 13 March 2015, Revised 10 April 2015, Accepted 11 May 2015

#### Abstract

*Salak is one of many kind fruit that is much preferred by people because its taste is sweet, crunchy and because it has a high nutrient content and have good prospects for cultivated. During this time, only flesh fruit of salak are utilized and the seed become waste. Therefore, it has been done a research about Biocharcoal of Salak seed (*Salacca edulis*) as an absorbent for chromium. The method used in this study was a laboratory experiment using Salak seeds biocharcoal as the adsorbent for chromium, concentration of absorbed chromium was measured by using a spektroDirect spectrophotometer. The results showed that the optimum time for adsorption of metal ion chromium obtained was 60 minutes with the absorption efficiency of 99.67%, the optimum weight for absorption of metal ion chromium obtained was 80 mg with the absorption efficiency of 99.70% and the optimum concentration for absorption of metal ion chromium was 80 ppm with the absorption efficiency of 99.77%.*

Keywords: Biocharcoal, salak seed, adsorption, chromium, ands pektroDirect

#### Pendahuluan

Salak (*Salacca edulis*) adalah buah yang banyak dijumpai di hampir seluruh daerah Indonesia. Buah salak dikenal dalam bahasa Inggris disebut snake fruit, karena kulitnya mirip dengan sisik. Kulit buah tersusun seperti sisik-sisik/genteng berwarna coklat kekuningan sampai kehitaman. Daging buah tidak berserat, warna dan rasa tergantung varietasnya. Dalam satu buah terdapat 1-3 biji. Biji keras, berbentuk dua sisi, sisi dalam datar dan sisi luar cembung (Suskendriyati dkk., 2000)

Buah ini termasuk dalam keluarga palmas dengan batang batang tertutup oleh pelepah daun yang tersusun sangat rapat dan juga buahnya bersisik coklat tersusun di dalam tandan (tersekap diantara pelepah daun). Daging buah salak mempunyai rasa yang kelat, asam, dan manis. Ada beberapa varietas salak yang sudah dikenal sebagian masyarakat

dan tersebar di berbagai daerah di Indonesia (Widyastuti & Paimin, 1993). Contohnya salak pondoh (Sulawesi Tengah).

Selama ini, konsumsi buah salak menghasilkan sisa berupa biji salak yang sayangnya oleh masyarakat hanya dianggap sebagai sampah yang tidak berguna. Biji salak kurang mendapatkan perhatian karena memiliki tekstur yang keras dan kasar sehingga sangat jarang yang memanfaatkannya untuk hal yang memiliki nilai manfaat dan nilai ekonomis. Penelitian sebelumnya tentang salak lebih terfokus pada dagingnya (Kusumo, dkk., 2012). Dagingnya diproses menjadi berbagai macam produk olahan pangan. Saat ini banyak industri pengolahan salak yang menghasilkan limbah biji salak. Hampir semua limbah biji salak tersebut dibuang karena dianggap sudah tidak bermanfaat lagi. Biji salak sangatlah keras dan tidak mudah hancur, sehingga untuk mengolah biji salak ini sangatlah sulit dan berdampak pada studi pemanfaatan biji salak selama ini sangatlah jarang. Dengan demikian biji salak yang tidak berguna menyebabkan adanya limbah organik bagi lingkungan.

Dampak negatif yang dihasilkan dunia

\*Correspondence:

Rudy Christiyanto Pongenda  
Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan  
Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako  
email: rudychristiyantopongenda@yahoo.com  
Published by Universitas Tadulako 2015

industri adalah peningkatan konsentrasi bahan-bahan pencemar yang mengganggu lingkungan. Bahan pencemar yang sering menjadi perhatian adalah ion-ion logam berat. Hal ini disebabkan ion-ion logam berat bersifat toksik meskipun pada konsentrasi yang rendah (dalam ppm) dan umumnya sebagai polutan utama bagi lingkungan (Supriyanto, 2012)

Logam berat umumnya bersifat racun terhadap makhluk hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Melalui berbagai perantara, seperti udara, makanan, maupun air yang terkontaminasi oleh logam berat, logam tersebut dapat terdistribusi ke bagian tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasi. Jika keadaan ini berlangsung terus menerus, dalam jangka waktu lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan kesehatan manusia (Diantariani, 2006). Tidak seperti polutan organik yang pada beberapa kasus pencemaran dapat didegradasi, logam berat yang dibuang ke lingkungan cenderung tidak terdegradasi, tersirkulasi dan biasanya terakumulasi melalui rantai makanan yang merupakan ancaman bagi hewan dan manusia (Chen dkk., 1996)

Beberapa penelitian tentang efek paparan logam berat pada hewan telah banyak dilaporkan, paparan logam berat dalam waktu yang lebih lama akan memicu peningkatan ROS sehingga memicu kematian sel sedang pada tumbuhan dapat menghambat pengambilan (uptake) nutrisi, menghambat aktivitas enzim, termasuk sistem antioksidan organisme hidup (John, dkk., 2009) dan memicu peroksidasi lipid (Faix, dkk., 2005).

Salah satu logam berat yang bersifat racun terhadap makhluk hidup adalah logam kromium (Cr). Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ionnya. Ion Cr<sup>6+</sup> merupakan bentuk logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, bila dibandingkan dengan ion-ion Cr<sup>3+</sup>. Sifat racun yang dibawa logam ini menyebabkan terjadinya keracunan akut dan kronis. Logam ini masuk ke tatanan lingkungan diduga paling banyak dari kegiatan-kegiatan perindustrian, rumah tangga dan pembakaran serta mobilisasi bahan-bahan bakar (Palar, 2008). Kegunaan umum yang dikenal dari senyawa-senyawa kromiumat dan dikromiumat ini adalah dalam bidang-bidang seperti tekstil, penyamakan, pencelupan, fotografi, zat warna dan masih banyak lagi kegunaan lainnya (Supriyanto, 2012).

Penelitian tentang pemanfaatan bahan-bahan organik yang dijadikan sebagai bahan penyerap telah banyak dilakukan, bahan-bahan organik tersebut diubah menjadi arang hayati untuk mengadsorpsi logam berat sehingga dapat mengurangi pencemaran dan penyakit yang diakibatkan logam-logam berat tersebut (Kawasaki, dkk., 2006). Beberapa metode untuk menghilangkan logam berat dari air telah dilakukan dengan proses secara fisika dan kimia yang meliputi presipitasi, koagulasi dan pertukaran ion (Alfathoni, 2011). Tetapi metode-metode tersebut masih mahal terutama bagi negara-negara sedang berkembang. Proses adsorpsi merupakan teknik pemurnian dan pemisahan yang efektif dipakai dalam industri karena dianggap lebih ekonomis dalam pengolahan air limbah dan merupakan teknik yang sering dipakai untuk mengurangi ion logam berat dalam air limbah (Apriliani, 2010).

Pemanfaatan bahan alami atau biomaterial dari limbah pertanian sebagai bahan pengganti karbon aktif ataupun resin penukar ion untuk menyerap senyawa-senyawa beracun telah mulai diteliti (Alfathoni, 2011). Diantaranya adalah biocharcoal dari sebuk gergaji kayu ulin (Lelifajri, 2010; Wijayanti, dkk., 2012) batang jagung (Suhendra & Gunawan, 2010), sekam padi (Siahaan, dkk., 2013; Zamrudy, 2008), ampas tebu (Sudibandriyo & Lydia, 2011), tempurung jarak pagar (Wirawan & Lestari, 2008), kulit batang jambu biji (Handoyo & Wijono, 2010) serta biocharcoal dari biji kapas jerami dan kulit kacang tanah (Marshall & Johns, 1996). Tulisan ini bertujuan untuk memarkan waktu sentuh optimum kromium dalam larutan terhadap daya adsorpsinya oleh biocharcoal biji salak; berat optimum biocharcoal biji salak terhadap daya adsorpsinya pada kromium dalam larutan; dan konsentrasi optimum kromium dalam larutan yang dapat diadsorpsi oleh biocharcoal biji salak.

## Metode

### *Alat dan Bahan*

Alat utama yang digunakan yaitu Spektrofotometer SpektroDirect (Lovibond) dan pH meter. Sedangkan untuk bahan yang digunakan yaitu biocharcoal biji salak pondoh, aquades, padatan kromium(VI) oksida (Merck), HNO<sub>3</sub> (Smart Lab), NH<sub>4</sub>OH (Merck) dan kertas saring Whatman 41.

### *Prosedur Kerja*

Pertama-tama biji salak dibersihkan

dari sisa-sisa kotoran dengan menggunakan air bersih lalu sampel biji salak tersebut dikeringkan dengan sinar matahari selama  $\pm 3$  hari. Selanjutnya, sampel biji salak yang telah kering ke dalam kaleng (alat pembuatan arang) dan kemudian sampel tersebut dibakar (karbonisasi) dengan kaleng dalam keadaan tertutup. Setelah semua biji salak menjadi arang, dibiarkannya sampai dingin selama  $\pm 2$  jam lalu biocharcoal dihaluskan dengan blender dan diayak dengan ayakan 200 mesh.

#### **Pengaruh waktu sentuh Biocharcoal**

Biocharcoal dengan berat 80 mg dicampurkan dengan 25 mL larutan kromium 100 ppm yang telah diatur pada pH 3 dengan menambahkan larutan  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{NH}_4\text{OH}$  (Alfian, 2007). Larutan sampel dimasukkan ke dalam 5 tabung erlenmeyer 100 mL lalu ditutup dengan kertas aluminium foil dan dikocok menggunakan shaker dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit, kemudian didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya, filtrat dipisahkan dari residu dengan penyaringan menggunakan kertas saring Whatman 41 dan adsorbansi larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometri direct.

#### **Pengaruh berat Biocharcoal**

Biocharcoal dengan berat masing-masing 20, 40, 60, 80 dan 100 mg dicampurkan dengan 25 mL larutan kromium 100 ppm yang telah diatur pada pH 3 dengan menambahkan larutan  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{NH}_4\text{OH}$  pada pH 3 (Alfian, 2007). Larutan sampel dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer 100 mL lalu ditutup dengan kertas aluminium foil dan dikocok menggunakan shaker dengan waktu optimum biocharcoal yang diperoleh, kemudian didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya, filtrat dipisahkan dari residu dengan penyaringan menggunakan kertas saring Whatman 41 dan adsorbansi larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer direct.

#### **Pengaruh konsentrasi awal kromium**

Larutan kromium 25 mL dimasukkan ke dalam 5 buah erlenmeyer dengan konsentrasi berturut-turut 20, 40, 60, 80 dan 100 ppm dari larutan standar dan kemudian mengatur masing-masing larutan pada pH 3 dengan menambahkan larutan  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Masing-masing larutan kromium dicampur dengan berat optimum biocharcoal yang diperoleh pada langkah sebelumnya lalu erlenmeyer tersebut ditutup dengan kertas aluminium foil dan selanjutnya dikocok menggunakan shaker dengan waktu optimum kemudian didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya, filtrat dipisahkan dari residu

dengan penyaringan menggunakan kertas saring Whatman 41 dan adsorbansi larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer spektrodirect.

#### **Analisa Data**

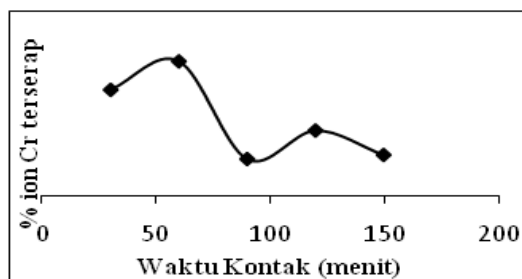
Untuk menganalisa presentase adsorpsi (efisiensi adsorpsi) menggunakan persamaan sebagai berikut (Atkins, 1999):  $C_b = C_i - C_{eq}$  dan  $\%Cr = C_b/C_i \times 100\%$ ; dimana,  $C_b$  adalah konsentrasi Cr yang terjerap (mg/L);  $C_i$  adalah konsentrasi awal larutan (mg/L); dan  $C_{eq}$  adalah konsentrasi akhir larutan (mg/L).

#### **Hasil dan Pembahasan**

Sesuai dengan pernyataan (Oscik & Cooper, 1982), yang menyatakan bahwa efisiensi adsorpsi merupakan fungsi luas permukaan adsorben. Semakin besar luas permukaan adsorben semakin besar pula kapasitas suatu adsorben dalam mengadsorpsi suatu adsorbat. Jumlah kromium terjerap ( $C_b$ ) oleh biocharcoal biji salak adalah selisih konsentrasi kromium mula-mula ( $C_i$ ) dengan konsentrasi kromium pada saat kesetimbangan ( $C_{eq}$ ). Untuk memperoleh hasil jerapan logam kromium yang maksimum maka diperlukan suatu kondisi optimum, yang sekaligus merupakan variabel penelitian seperti di bawah ini.

#### **Variasi waktu kontak Biocharcoal Terhadap Adsorpsi Ion Kromium**

Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, karena melalui proses kontak penyerapan terjadi sebagai akibat dari interaksi fisik (adhesi) antara adsorbat dengan adsorben. Penentuan waktu kontak optimum pada adsorpsi kromium menggunakan adsorben biocharcoal biji salak dilakukan pada variasi waktu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Penentuan waktu optimum ini bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimum dari adsorpsi larutan kromium oleh adsorben biocharcoal biji salak.



**Gambar 1.** Kurva Hubungan antara waktu sentuh (menit) terhadap persen Cr Terjerap

Hasil penelitian untuk pengaruh waktu kontak dari larutan kromium terhadap kemampuan adsorpsi biocharcoal biji salak seperti yang terlihat dalam Gambar 1, yang memperlihatkan bahwa adsorpsi Cr dipengaruhi oleh waktu kontak antara larutan dan sampel biocharcoal.

Gambar 1 menunjukkan bahwa waktu kontak yang paling optimum yang diperoleh dalam proses waktu kontak adalah pada waktu 60 menit. Pada waktu ini persentase penyerapan kromium oleh biocharcoal biji salak pada masing-masing variasi waktu adalah, pada 30 menit sebesar 99,53%, 60 menit sebesar 99,67%, pada 90 menit sebesar 99,21%, pada 120 menit sebesar 99,35% dan pada waktu 150 menit sebesar 99,23%.

Pada rentang waktu 30 sampai 60 menit kemampuan adsorben arang biji salak dalam mengadsorpsi kromium terjadi penyerapan yang meningkat sangat tinggi. Sedangkan selanjutnya jerapan kromium menurun pada waktu 90 menit yang kemudian meningkat kembali pada rentang waktu 120 menit.

Hasil yang diperoleh dapat dijelaskan bahwa, pada menit-menit awal jerapan kromium relatif meningkat karena interaksi antara ion logam dan adsorben terjadi secara efektif. Hal ini disebabkan karena semua sisi aktif yang terdapat pada biocharcoal biji salak saling berikatan dengan ion-ion kromium dalam larutannya. Proses penyerapan ini berlangsung sangat cepat karena proses penyerapan ion logam oleh adsorben tidak melibatkan proses metabolisme (Nurdin, 1998). Selain itu, proses adsorpsi juga dipengaruhi oleh besar kecilnya ukuran adsorben yang digunakan yang menyebabkan luas permukaan sentuhnya relatif besar sehingga kemungkinan terjadinya interaksi yang sangat efektif antara sisi aktif pada adsorben dengan ion logam (Khopkar, 2003).

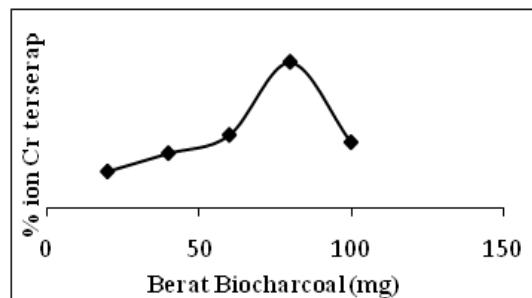
Waktu kontak antara ion logam dengan adsorben sangat mempengaruhi daya jerap. Semakin lama waktu kontak maka penyerapan juga akan meningkat sampai pada waktu tertentu akan mencapai maksimum dan setelah itu akan turun kembali. Pada penelitian ini, waktu kontak optimum diperoleh pada menit ke -60 dengan penyerapan mencapai 99,67%. Efisiensi penyerapan menurun setelah menit ke-60, diduga karena terjadi proses desorpsi. Hal ini merupakan fenomena dalam adsorpsi fisika yang menyatakan bahwa proses adsorpsi bersifat reversible (Sukardjo, 1990). Dimana ikatan lemah yang terjadi antara adsorben dengan ion logam akan lepas kembali ke dalam larutannya karena semakin lama waktu kontak

(Lestari, 2010).

Data persentase penyerapan jumlah kromium yang paling optimum yang diperoleh dalam proses waktu kontak adalah pada waktu 60 menit. Waktu kontak tersebut merupakan waktu kontak optimum, dimana terjadi penurunan kadar kromium dalam sampel telah mencapai titik maksimalnya, maka akan digunakan untuk keperluan variabel penelitian selanjutnya, agar data yang diperoleh menggambarkan efektifitas jerapan adsorben yang optimum (Radyawati, 2011).

#### *Variasi Berat Biocharcoal Terhadap Adsorpsi Ion Kromium*

Berat biocharcoal merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi proses adsorpsi ion logam dalam larutan, karena berat biocharcoal menunjukkan jumlah partikel adsorben yang dapat menyerap ion logam berat pada konsentrasi tertentu. Penentuan berat optimum pada adsorpsi ion kromium menggunakan adsorben arang hayati (biocharcoal) biji salak dilakukan pada variasi 20, 40, 60, 80 dan 100 mg. Penentuan berat optimum ini bertujuan untuk mengetahui berat optimum dari adsorpsi larutan kromium pada konsentrasi 100 ppm oleh adsorben biocharcoal biji salak.



**Gambar 2.** Kurva Hubungan antara Berat Biocharcoal (mg) terhadap persen Cr Terjerap

Data yang disajikan pada Gambar 2, berat adsorben semakin meningkat dari 20 mg sampai 80 mg sehingga menyebabkan naiknya persentase kromium yang terjerap, namun pada berat adsorben 100 mg jerapannya relatif menurun. Kromium mulai dari berat adsorben 20 mg jerapannya 98,85%, dan untuk berat adsorben 100 mg jerapannya 99,00%. Jerapan kromium meningkat dari berat adsorben 20 mg sampai 80 mg. Terjadinya peningkatan jerapan ini karena dengan bertambahnya jumlah adsorben yang berinteraksi dengan ion logam kromium. Terjadinya peningkatan jerapan



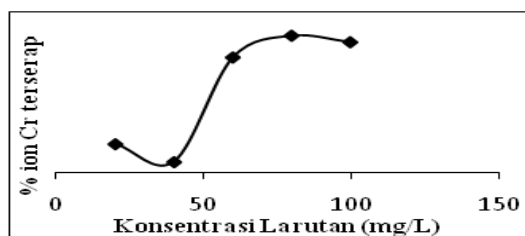
kromium pada berat adsorben 20-80 mg, karena kerapatan sel adsorben dalam larutan sehingga menghasilkan interaksi yang cukup efektif antara pusat aktif dinding sel adsorben dengan ion kromium, semakin banyak zat penjerap maka semakin banyak pusat aktif biocharcoal yang bereaksi. Oleh sebab itu, pada saat jumlah adsorben diperbesar, perbandingan tersebut tidak lagi dipenuhi, sehingga berpengaruh terhadap aktifitas penjerapan ion logam kromium oleh adsorben (Radyawati, 2011).

Hasil yang diperoleh dapat dijelaskan bahwa, bertambahnya berat biocharcoal biji salak sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan arang biocharcoal biji salak sehingga menyebabkan bertambahnya sisi aktif adsorpsi dan efisiensi penjerapannya pun meningkat sedangkan kapasitas penjerapannya menurun dengan bertambahnya adsorben (Apriliani, 2010). Hal ini diperkuat oleh (Baros, Macedo, Duarte, & Lobato, 2003) yang menyatakan bahwa pada saat ada peningkatan massa adsorben, maka ada peningkatan presentase efisiensi penjerapan dan penurunan penjerapan.

Efisiensi adsorpsi setelah konsentrasi 80 ppm cenderung menurun hingga konsentrasi 100 ppm. Hal ini dikarenakan ion-ion kromium yang terdapat di dalam larutan telah teradsorpsi sepenuhnya oleh biocharcoal, dengan kata lain ion-ion kromium pada larutan telah habis teradsorpsi oleh biocharcoal. Selain itu, hal tersebut juga dapat terjadi karena permukaan adsorben sudah dalam keadaan jenuh dengan ion-ion kromium sehingga peningkatan berat adsorben relatif tidak lagi mempengaruhi peningkatan penjerapan ion logam oleh adsorben (Radyawati, 2011). Dari data tersebut pada berat adsorben 80 mg persentase jumlah ion kromium yang terjerap adalah terbesar, maka akan digunakan untuk keperluan variabel penelitian selanjutnya, agar data yang diperoleh menggambarkan efektifitas jerapan adsorben yang optimum (Radyawati, 2011)

#### *Variasi Konsentrasi Larutan terhadap Adsorpsi Ion Kromium oleh Biocharcoal*

Kemampuan penjerapan suatu adsorben dipengaruhi oleh konsentrasi dari larutan ion logam tersebut. Pada penentuan konsentrasi larutan optimum terhadap adsorpsi kromium oleh adsorben biocharcoal biji salak dilakukan pada variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80 dan 100 ppm.



**Gambar 3.** Kurva Hubungan antara konsentrasi larutan (mg/L) terhadap % ion Cr Terjerap

Gambar 3 menunjukkan hasil penelitian pengaruh konsentrasi kromium terhadap proses adsorpsi terlihat bahwa jerapan terhadap kromium mengalami penurunan dari konsentrasi 20 ppm ke konsentrasi 40 ppm. Pada konsentrasi 20 ppm ke konsentrasi 40 ppm, efisiensi penjerapan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya konsentrasi ion logam, maka efisiensi penjerapan semakin berkurang. Hal ini disebabkan pada konsentrasi 20 ppm, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel biocharcoal biji salak yang tersedia sehingga permukaan biocharcoal biji salak akan mencapai titik jenuh dan kemungkinan akan terjadi proses desorpsi atau pelepasan kembali antara adsorben dengan adsorbat. Jika konsentrasi semakin tinggi maka akan menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah ion yang terikat pada adsorben sehingga nilai kapasitas penjerapannya meningkat (Apriliani, 2010).

Pada konsentrasi 40 ppm hingga 80 ppm terjadi peningkatan ion logam yang terjerap pada biocharcoal biji salak. Hal ini pun dapat disebabkan oleh ketersediaan jumlah partikel adsorban biocharcoal biji salak lebih tinggi dibandingkan jumlah ion kromium yang diserap sehingga proses penjerapan terus mengalami peningkatan hingga konsentrasi larutan 80 ppm.

Data persentase penjerapan jumlah ion kromium yang paling optimum diperoleh pada konsentrasi 80 ppm dengan penjerapan mencapai 99,21%. Konsentrasi tersebut merupakan konsentrasi optimum, dimana terjadi penurunan kadar ion kromium dalam sampel telah mencapai titik maksimalnya (Darmayanti, 2012).

#### **Kesimpulan**

Waktu sentuh optimum yang diperlukan biocharcoal biji salak untuk menjerap kromium adalah pada waktu 60 menit dengan

persentase jerapan 99,67%. Berat optimum yang diperlukan biocharcoal biji salak untuk menyerap kromium adalah sebesar 80 mg dengan persentase jerapan 99,70%. Adsorpsi optimum untuk kromium terjadi pada konsentrasi 80 ppm dengan persentase jerapan 99,77%.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam melakukan penelitian ini, khususnya kepada Johanis Panggoso kepala Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Idha Kesuma Utami laboran Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako dan kepada Tasrik laboran Laboratorium FKIP Universitas Tadulako.

### Referensi

- Alfathoni, G. (2011). *Produksi karbon aktif dengan lampiran kelayakan ekonomi*. Yogyakarta: Buana Petrolindo Nusantara.
- Alfian, Z. (2007). Pengaruh pH dan penambahan asam terhadap penentuan kadar unsur kromium dengan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom. *Jurnal Sains Kimia*, 11(1), 37-41.
- Apriliansi, A. (2010). *Manfaat arang arang dari ampas tebu untuk menyerap ion logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam air limbah*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Atkins, P. W. (1999). *Kimia fisik 2*. Jakarta: Erlangga.
- Barros, L. M., Macedo, G. R., Duarte, M. M., & Lobato. (2003). Biosorption of cadmium using the fungus *aspergillus niger*. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 20(3), 1-16.
- Chen, J. P., Chen, W. R., & Hsu, R. C. (1996). Biosorption of copper from aqueous solution by plant root tissues. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 81(5), 458-463.
- Darmayanti. (2012). Adsorpsi timbal dan zink dari larutannya menggunakan arang hayati (biocharcoal) kulit pisang kepok berdasarkan variasi pH. *Jurnal Akademika Kimia*, 1(4), 159-165.
- Diantariani, N. P. (2006). Penentuan kandungan logam Pb dan Cr ada air sedimen di sungai ao desa sam-sam kabupaten tabanan. *Ecotrophic*, 1(2), 1-5.
- Faix, S., Faixova, Z., Boldizarova, K., & Javorsky, P. (2005). The effect of long-term high heavy metal intake on lipid peroxidation of gastrointestinal tissue in sheep. *Vet. Med-Czech*, 50(9), 401-405.
- Handoyo, & Wijono, T. H. (2010). Pemanfaatan arang kulit batang jambu biji (*psidium guajava*) untuk adsorpsi kromium limbah industri kulit. *Jurnal Penelitian Kesehatan suara Forikes*, 1(1), 77-82.
- John, R., Ahmad, P., Gadgil, K., & Sharma, S. (2009). Heavy metal toxicity: Effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by brassica juncea l. *International Journal of Plant Production*, 3(3), 65-76.
- Kawasaki, N., Bun-ei, R., Ogata, F., Nakamura, T., Tanei, S., & Tanada, S. (2006). Water treatment technology using carbonaceous material produced from vegetable biomass. *Journal of Water and Environment Technology*, 4(1), 73-82.
- Khopkar. (2003). *Konsep dasar kimia analitik (A. Saptahardjo, Trans.)*. Jakarta: UI-Press.
- Kusumo, A. N. A., Oktafia, S., Jaya, G. A., & Widiaputra, L. A. (2012). *Kandungan gizi biji salak (salacca edulis) ditelaah dari berbagai metode pelunakan biji*. Salatiga: Universitas Kristen Satya.
- Lelifajri. (2010). Adsorpsi ion logam Cu(II) menggunakan lignin dari limbah serbuk kayu gergaji. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(3), 126-129.
- Lestari, S. (2010). Pengaruh berat dan waktu kontak untuk adsorpsi timbal(II) oleh adsorben dari kulit batang jambu biji (*psidium guajaval*). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 8(1), 7-10.
- Marshall, W. E., & Johns, M. M. (1996). Agriculture by-product as metaladsorben: Sorption properties and resistance to mechanical abrasion. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 66(2), 192-198.

- Nurdin, S. A. (1998). *Biosorpsi tembaga dan kromium oleh biomassa aspergillus niger*. Bandung: Universitas Gajah Mada.
- Oscik, J., & Cooper, L. (1982). *Adsorption*. New York: Ellis Horwood.
- Palar, H. (2008). *Pencemaran dan toksikologi logam berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Radyawati. (2011). *Pembuatan biocharcoal dari kulit pisang kepek untuk penyerapan logam timbal(Pb) dan logam seng(Zn)*. Skripsi. Palu: Universitas Tadulako.
- Siahaan, S., Hutapea, M., & Hasibuan, R. (2013). Penentuan kondisi optimum suhu dan waktu karbonisasi pada pembuatan arang dari sekam padi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 26-30.
- Sudibandriyo, M., & Lydia. (2011). Karakteristik luas permukaan karbon aktif dari ampas tebu dengan aktivasi kimia. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 10(3), 149-156.
- Suhendra, D., & Gunawan, E. R. (2010). Pembuatan arang aktif dari batang jagung menggunakan aktivator asam sulfat dan penggunaannya pada penjerapan ion tembaga(II). *Makara Sains*, 14(1), 22-26.
- Sukardjo. (1990). *Kimia anorganik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Supriyanto, R. (2012). Studi analisis spesiasi ion logam Cr(III) dan Cr(VI) dengan asam tanat dari ekstrak gambir menggunakan spektrometri UV-Vis. *Jurnal Sains MIPA*, 17(1), 35-42.
- Suskendriyati, H., Wijaya, A., Hidayah, N., & Cahyuningdari, D. (2000). Studi morfologi dan hubungan kekerabatan varietas salak pondoh (*salacca zalacca* (gaert) di dataran tinggi sleman. *Biodiversitas*, 1(2), 58-64.
- Widyastuti, Y. E., & Paimin, F. B. (1993). *Mengenal buah unggul Indonesia*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wijayanti, H., Nora, H., & Ameli, R. (2012). Pemanfaatan arang aktif dari serbuk gergaji kayu ulin untuk meningkatkan kualitas minyak goreng bekas. *Konversi*, 1(1), 27-33.
- Wirawan, T., & Lestari, S. (2008). Pemanfaatan arang aktif dari tempurung jarak pagar (*jatropha curcas* l) sebagai adsorben logam dari limbah cair. *Jurnal Ilmiah Mahakam*, 7, 59-67.
- Zamrudu, W. (2008). Pembuatan karbon aktif dari ampas biji jarak pagar (*jatropha curcas* linn). *Jurnal Teknologi Separasi*, 1(2), 151-162.