



## AKTIVASI ARANG TONGKOL JAGUNG MENGGUNAKAN HCl SEBAGAI ADSORBEN ION Cd(II)

Istria Pijar Rizkyi<sup>\*)</sup>, Eko Budi Susatyo dan Endang Susilaningih

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Mei 2016  
Disetujui Juni 2016  
Dipublikasikan Agustus 2016

Kata kunci:  
adsorpsi  
arang aktif  
ion Cd(II)  
tongkol jagung

### Abstrak

Telah dilakukan sintesis arang aktif tongkol jagung melalui aktivasi HCl dan dijadikan sebagai adsorben ion Cd(II). Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan pH, massa adsorben, waktu kontak, konsentrasi logam optimum untuk adsorpsi dan mengetahui konsentrasi akhir ion Cd(II) dalam limbah. Penentuan kondisi optimum ditentukan dengan memvariasikan pH (3,4; 4; 4,5; 5; dan 5,5), massa adsorben (0,3; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 dan 2,0 g), waktu kontak (10, 30, 60, 90 dan 120 menit), konsentrasi larutan logam (10, 50, 100, 170 dan 200 ppm). Kondisi optimum diperoleh pada pH 4, massa adsorben 0,4 g, waktu kontak 60 menit dan konsentrasi logam pada 178,291 ppm. Konsentrasi awal ion Cd(II) dalam 50 mL limbah yaitu 93,564 ppm terjerap oleh arang aktif tongkol jagung sebesar 30,568 ppm, dan persentase adsorpsinya sebesar 32,67%.

### Abstract

Has been synthesized of corn cob active charcoal through the activation of HCl and has been utilized as an adsorbent of ion Cd(II). The objectives of this research are to determine pH, the mass of the adsorbent, contact time, the optimum concentration of metals to the adsorption and to know the final concentration of ion Cd(II) in waste. The determination of optimum condition is decided by varying pH (3.4, 4, 4.5, 5 dan 5.5), the mass of adsorbent (0.3, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 dan 2.0 g), the contact time (10, 30, 60, 90 and 120 minutes), the liquid concentration of metals (10, 50, 100, 170 dan 200 ppm). The optimum condition is retrieved in pH 4, the mass of adsorbent 0.4 g, the contact time 60 minutes and the concentration of metals in 178.291 ppm. The initial concentration of ion Cd(II) in 50 mL waste is 93.564 ppm then which is absorbed by the active charcoal of corn cob is 30.568 ppm, and the percentage of the adsorption is 32.67%.

## Pendahuluan

Kemajuan dibidang industri disamping lebih memudahkan dan mensejahterakan bagi masyarakat ternyata juga menimbulkan dampak negatif yang cukup berbahaya yaitu berupa limbah yang merupakan hasil samping dari proses industri. Limbah yang tidak ditangani secara tepat akan mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia terutama limbah yang mengandung bahan-bahan berbahaya seperti logam berat. Limbah ini perlu ditanggulangi dengan segera dan dengan cara yang tepat. Salah satu cara penanganan limbah khususnya dalam bentuk cair yang efektif namun dengan biaya yang cukup terjangkau adalah dengan memanfaatkan limbah hasil pertanian menjadi adsorben logam berat.

Ion kadmium (II) merupakan ion logam berat yang memiliki sifat toksisitas yang tinggi. Ion Cd (II) merupakan bahan beracun yang menyebabkan keracunan kronik pada manusia karena dapat menyerang sistem syaraf, pembuluh darah, dan dalam tubuh dapat terakumulasi khususnya dalam hati dan ginjal, menyebabkan kekurangan darah, kerapuhan tulang, mempengaruhi reproduksi dan organ-organnya selain itu juga logam kadmium diduga merupakan salah satu penyebab dari timbulnya kanker pada manusia (Palar; 1994). Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 tentang kualitas air, kadar untuk logam Cd dalam perairan adalah 0,01 ppm.

Jagung merupakan salah satu sumber daya alam yang melimpah di Indonesia. Produksi jagung di Indonesia setiap tahunnya menunjukkan peningkatan. Dampak dari banyaknya jagung yang dikonsumsi menyebabkan bertambahnya limbah tongkol jagung yang berpotensi mencemari lingkungan. Salah satu upaya yang dilakukan untuk memanfaatkan limbah pertanian tersebut serta meningkatkan nilai ekonominya ialah diolah menjadi arang aktif atau karbon aktif yang selanjutnya diaplikasikan sebagai adsorben. Tongkol jagung ini memiliki kandungan senyawa karbon yang cukup tinggi, yaitu selulosa (41%) dan hemiselulosa (36%) yang cukup tinggi yang mengindikasikan bahwa tongkol jagung berpotensi sebagai bahan pembuat arang aktif (Lorenz & Kulp; 1991). Selain itu juga tongkol jagung memiliki kandungan kadar abu yang rendah yaitu 0,91%. Arang aktif dari tongkol jagung ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya mempunyai potensi yang baik sebagai adsorben karena kandungan karbonnya lebih besar dari pada kadar abunya,

mudah dibuat, murah, bahan bakunya mudah didapat dan melimpah, mudah digunakan, aman, dan tahan lama.

Asam klorida sebagai zat aktivator kimia mampu berfungsi sebagai zat dehidrat pada arang aktif yang dihasilkan. Konsentrasi HCl yang digunakan cukup tinggi agar lebih mempermudah proses pelarutan pengotor-pengotor pada permukaan arang, sehingga pori-porinya akan terbuka dan memperluas permukaan arang aktif (Rahayu, *et al.*; 2014). Arang tongkol jagung yang diaktivasi dengan HCl mampu mengadsorpsi logam berat terbukti dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Sallau, *et al.* (2012), yang mengadsorpsi ion logam berat krom (VI) dan Rahayu, *et al.* (2014) mengadsorpsi ion besi (III). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ion logam berat krom (VI) dan ion logam besi (III) dapat teradsorpsi oleh arang aktif tongkol jagung dengan persentase adsorpsi masing-masing sebesar 90 dan 97,8%.

## Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, oven *mementert*, ayakan *Totanas* ukuran 100 *mesh*, desikator *Glaswerk*, wadah gelap dan tertutup, buret, *atomic absorption spectroscopy (AAS) Perkin Elmer Pin AAcle 900 F, furnace*, neraca analitik *denver instrument* ( $\pm 0,1$  mg), *orbital shaker yellow line OS 10 basic*, pH *digital Cyberscan Con 400*, tempat pembuatan arang. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung, aquadenim, kertas saring, *aluminium foil*, amilum, iodine, HCl,  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_3$ , NaOH,  $\text{KBrO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan natrium tiosulfat (buatan *Merck* dengan kualitas *pro analyst*).

Limbah tongkol jagung yang diperoleh dicuci hingga bersih. kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama beberapa hari hingga benar-benar kering. Selanjutnya dimasukkan dalam sebuah wadah tertutup dan tidak mudah terbakar hingga penuh dan padat. Bagian tengah wadah kemudian diberi cerobong dengan diameter yang cukup kecil serta bagian bawahnya dilubangi kecil-kecil. Kedalam cerobong dimasukan sedikit bara api, biarkan sampai tongkol dalam wadah menjadi arang. Arang yang diperoleh dihaluskan hingga menjadi serbuk dan diayak dengan ayakan 100 *mesh*. Arang direndam dalam HCl 4 M sebanyak 250 mL selama 24 jam. Disaring dan dicuci dengan aquades hingga netral (pH 7), langkah selanjutnya residu dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 3 jam. Arang didinginkan dalam desikator dan diperoleh arang yang telah

teraktivasi. Arang aktif dikarakterisasi dengan menentukan bilangan iod, kadar air dan kadar abu.

Penentuan pH optimum dilakukan dengan cara menambahkan arang aktif tongkol jagung 1,2 g ke dalam 50 mL larutan Cd(II) 100 ppm yang telah diatur pH-nya mulai dari pH 3,5; 4; 4,5; 5; dan 5,5. Adsorpsi dilakukan selama 60 menit dan *dishaker* dengan kecepatan 150 rpm. Filtrat yang diperoleh diukur konsentrasi Cd(II) dengan AAS. Penentuan massa optimum dilakukan dengan menambahkan arang aktif tongkol jagung sebanyak 0,3; 0,4; 0,8; 1,2; dan 1,6 g kedalam 50 mL larutan Cd(II) 100 ppm pada pH optimum. Adsorpsi dilakukan selama 60 menit dan *dishaker* dengan kecepatan 150 rpm. Filtrat yang diperoleh diukur konsentrasi Cd(II) dengan AAS. Waktu optimum dilakukan dengan menambahkan massa arang aktif tongkol jagung yang optimum kedalam 50 mL larutan Cd(II) 100 ppm pada pH optimum. Adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu selama 10, 30, 60, 90, dan 120 menit dan *dishaker* dengan kecepatan 150 rpm. Filtrat yang diperoleh diukur konsentrasi Cd(II) dengan AAS. Selanjutnya dilakukan variasi konsentrasi 50 mL larutan Cd(II) 10, 50, 100, 170, dan 200 ppm pada pH optimum. Kemudian ditambahkan arang aktif tongkol jagung dengan massa optimum. Adsorpsi dilakukan selama waktu optimum yang telah diperoleh dan *dishaker* dengan kecepatan 150 rpm. Filtrat yang diperoleh diukur konsentrasi Cd(II) dengan AAS. Setelah diperoleh kondisi optimum untuk adsorpsi ion logam Cd(II), kemudian adsorpsi dilakukan pada limbah cair yang mengandung logam Cd. Campuran limbah dan arang aktif *dishaker* dengan kecepatan 150 rpm. Konsentrasi ion Cd(II) awal dan akhir setelah adsorpsi diukur dengan AAS.

### Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi dari arang aktif tongkol jagung meliputi kadar air, kadar abu, dan daya serap ion. Kadar air yang diperoleh berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kadar air arang tongkol jagung

No	Arang tongkol jagung	Kadar air (%)
1	Tak teraktivasi	7,51
2	Teraktivasi	3,29

Tabel 1. menunjukkan kadar air arang tongkol jagung teraktivasi lebih kecil yaitu 3,29% sedangkan pada arang tak teraktivasi kadar airnya sebesar 7,51%. Hal ini mungkin disebabkan oleh HCl yang bersifat higroskopis

sehingga H<sub>2</sub>O yang terdapat dalam arang bereaksi dengannya. Pernyataan ini juga diperkuat oleh Pari (2004), bahwa bahan pengaktif yang bersifat higroskopis dapat menurunkan kadar air. Semakin rendah kadar air menunjukkan sedikitnya air yang tertinggal dan menutupi pori arang aktif, dengan demikian arang yang teraktivasi memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga dapat mengadsorpsi ion logam lebih baik dibandingkan dengan arang yang tidak diaktivasi. Hasil kadar abu dari arang aktif tongkol jagung yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kadar abu arang aktif tongkol jagung

No	Arang tongkol jagung	Kadar abu (%)
1	Tak teraktivasi	11,29
2	Teraktivasi	8,92

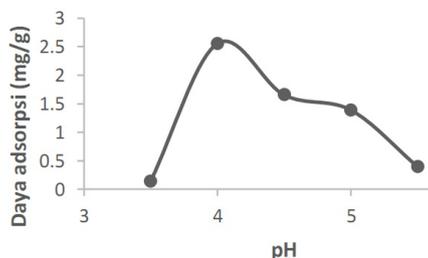
Arang tak teraktivasi memiliki kadar abu yang lebih banyak yaitu 11,29% nilai ini lebih besar dibandingkan dengan kadar abu dari arang yang teraktivasi yaitu 8,92% seperti terlihat dalam Tabel 2. Kandungan abu pada arang teraktivasi yang lebih rendah menunjukkan bahwa arang aktif memiliki kualitas yang lebih baik sebagai adsorben dibandingkan dengan arang yang tidak teraktivasi karena pori-pori arang aktif tidak tertutupi oleh abu sehingga adsorpsi ion logam dapat maksimal. Daya adsorpsi arang aktif terhadap iod memiliki korelasi dengan luas permukaan dari arang aktif. Hasil daya serap iodin dari arang tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Daya serap iodin arang aktif tongkol jagung

No	Arang tongkol jagung	Iodin yang diserap (mg/g)
1	Tidak diaktivasi	59,3254
2	Teraktivasi	182,3466

Daya serap iodin yang teraktivasi dengan asam klorida memiliki daya serap yang lebih tinggi yaitu 182,347 mg/g dibandingkan dengan arang aktif yang tidak diaktivasi yaitu sebesar 59,325 mg/g, seperti pada Tabel 3. Hal ini dikarenakan penambahan aktivator HCl menyebabkan banyaknya mineral yang teradsorpsi semakin besar dan membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan pada proses karbonisasi, sehingga angka iodin akan cenderung lebih tinggi dikarenakan pori-pori arang aktif yang semakin besar atau dengan kata lain luas permukaan arang aktif semakin bertambah dan menyebabkan kemampuan adsorpsinya semakin besar pula dibuktikan dari semakin meningkatnya daya adsorpsi arang terhadap iod (Mu'jizah; 2010).

Adsorpsi ion Cd(II) akan maksimal jika dilakukan pada kondisi optimum. Kondisi optimum ini meliputi pH, massa adsorben, waktu kontak dan konsentrasi larutan ion Cd(II). Hasil dari penentuan pH optimum adsorpsi ion Cd(II) oleh arang aktif tongkol jagung disajikan pada Gambar 1.

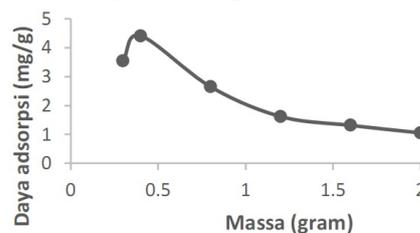


**Gambar 1.** Hubungan antara pH dengan daya adsorpsi ion Cd(II) (mg/g)

Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui pH interaksi dimana adsorben menyerap ion logam secara maksimal. Peranan pH dalam proses adsorpsi yaitu mempengaruhi gugus-gugus fungsional dari dinding arang yang berperan aktif dalam proses penyerapan logam (Fatimah, *et al.*; 2014). Berdasarkan Gambar 1. dapat dilihat bahwa pada saat pH 3,5 Cd(II) sudah mulai teradsorpsi oleh arang aktif sebesar 0,138 mg/g, pada pH 4 mengalami kenaikan daya adsorpsi menjadi 2,553 mg/g. Pada pH diatas 4 yaitu pH 4,5; 5; dan 5,5 daya adsorpsinya mengalami penurunan menjadi 1,652; 1,386; dan 0,390 mg/g. Sehingga dapat diketahui bahwa adsorpsi terbaik terjadi pada saat pH 4. Daya adsorpsi paling kecil diperoleh pada pH 3,5, hal ini dapat terjadi karena permukaan adsorben cenderung terprotonasi (ada kompetisi dengan ion H<sup>+</sup>) sehingga permukaan arang aktif cenderung bermuatan positif. Berarti antara ion logam Cd(II) dengan ion H<sup>+</sup> terjadi kompetisi dalam berikatan dengan permukaan adsorben sehingga terjadi penolakan antara adsorben terhadap ion logam Cd(II) yang mengakibatkan adsorpsi logam tidak maksimal.

Penyerapan yang optimal terjadi pada pH 4. Pada pH ini menunjukkan bahwa permukaan dari arang aktif cenderung lebih negatif dibandingkan pada pH sebelumnya karena gugus fungsi arang aktif (OH) mengalami deprotonasi, sehingga kompetisi dengan ion H<sup>+</sup> berkurang, terjadi tarik menarik antar ion logam yang membuat pengikatan ion logam Cd(II) semakin kuat dan adsorpsi ion logampun meningkat. Adsorpsi pada pH 4,5; 5 dan 5,5 mulai terjadi penurunan. Terlihat pada Gambar 1. bahwa semakin besar pH yang berarti semakin basa suatu larutan menyebabkan konsentrasi OH<sup>-</sup>

semakin tinggi, hal ini dapat memungkinkan terjadinya reaksi antara OH<sup>-</sup> dengan ion Cd(II) membentuk Cd(OH)<sub>2</sub> yang merupakan endapan terjadi lebih dahulu sebelum ion Cd(II) berikatan atau teradsorpsi oleh permukaan arang aktif. Sehingga adsorpsi ion logam yang terjadi semakin berkurang sesuai dengan besarnya pH. Sedangkan penentuan massa arang aktif tongkol jagung yang optimum untuk adsorpsi ion Cd(II) dapat dilihat pada Gambar 2.

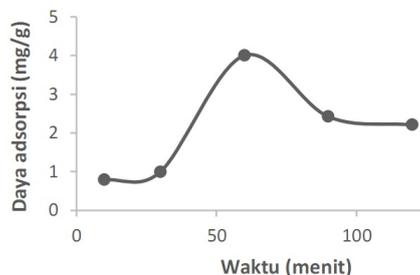


**Gambar 2.** Hubungan massa adsorben (gram) dengan daya adsorpsi Cd(II) (mg/g)

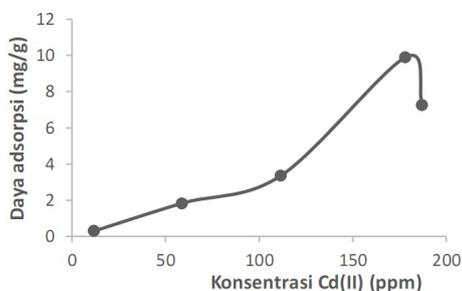
Massa adsorben merupakan salah satu faktor yang penting dalam proses adsorpsi. Gambar 2. menunjukkan bahwa massa optimum terjadi saat penambahan arang aktif sebesar 0,4 g dengan daya adsorpsi sebesar 4,406 mg/g. Hal ini dikarenakan luas permukaan adsorbennya semakin bertambah dibandingkan pada penambahan massa 0,3 g, sehingga ion logam Cd(II) yang terjerap didalam pori-pori arang aktif semakin banyak karena lebih banyak gugus aktif yang tersedia yang mengakibatkan pertukaran H<sup>+</sup> dengan ion logam Cd(II) meningkat. Sedangkan pada penambahan 0,3 g daya yang diperoleh sebesar 3,547 mg/g. Daya ini lebih rendah dibandingkan pada penambahan arang aktif 0,4 g. Gugus fungsi tempat pertukaran H<sup>+</sup> dengan ion logam Cd(II) tidak sebanyak pada penambahan massa 0,4 g karena luas permukaannya yang lebih kecil. Adsorpsi ion logam Cd(II) juga menjadi kurang maksimal. Penambahan arang aktif dengan massa diatas 0,4 g dayanya mengalami penurunan yaitu pada massa 0,8; 1,2 dan 2 g daya adsorpsinya sebesar 1,624; 1,318 dan 1,060 mg/g. Kondisi ini dimungkinkan karena interaksi ion logam Cd(II) dengan pori arang aktif telah mencapai titik jenuh sehingga pori-pori arang aktif sudah tidak dapat mengikat ion logam Cd(II). Hasil penentuan waktu kontak optimum pada adsorpsi ion Cd(II) oleh arang aktif tongkol jagung disajikan pada Gambar 3.

Proses adsorpsi membutuhkan waktu untuk adsorben dan adsorbat saling berinteraksi (tumbukan) dengan yang lainnya. Gambar 3. menunjukkan bahwa adsorpsi meningkat dengan bertambahnya waktu kontak hingga mencapai

waktu 60 menit. Daya adsorpsi pada saat 10 menit sebesar 0,787 mg/g, pada waktu 30 menit dayanya sebesar 0,998 mg/g, dan daya paling baik yaitu pada saat 60 menit sebesar 4,000 mg/g. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak, maka tumbukan yang terjadi antara gugus aktif yang terdapat pada permukaan arang aktif tongkol jagung dengan ion logam Cd(II) semakin banyak sehingga pada waktu 10 sampai 30 menit ion logam Cd(II) yang teradsorpsi semakin bertambah hingga tercapai waktu optimum pada 60 menit karena kesetimbangan telah tercapai. Kesetimbangan tercapai pada waktu 60 menit juga terbukti dari semakin turunnya ion logam Cd(II) yang teradsorpsi pada waktu kontak setelah 60 menit yaitu pada 90 dan 120 menit dengan daya adsorpsinya sebesar 2,422 dan 2,208 mg/g. Berkurangnya daya adsorpsi ini dimungkinkan karena telah tercapai kesetimbangan sehingga permukaan adsorpsi telah jenuh sehingga tidak dapat lagi menyerap ion logam akibatnya terjadi desorpsi. Dimana ion logam Cd(II) yang telah terjerap kemudian dilepaskan kembali sehingga konsentrasi logam Cd(II) meningkat dibandingkan pada saat waktu kontak 60 menit. Berdasarkan dari hasil waktu kontak optimum maka untuk penelitian selanjutnya maka adsorpsi dilakukan selama 60 menit. Untuk hasil penentuan konsentrasi awal ion Cd(II) yang optimal dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 3.** Hubungan antara waktu kontak (menit) dengan daya adsorpsi (mg/g)



**Gambar 4.** Hubungan konsentrasi Cd(II) (ppm) dengan daya adsorpsi (mg/g)

Hasil penelitian pada Gambar 4. menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi awal larutan ion logam Cd(II), daya adsorpsinya

semakin meningkat. Pada konsentrasi 11-111 ppm daya adsorpsinya terus meningkat yaitu dari daya 0,289; 1,824; 3,349 mg/g, hingga diperoleh konsentrasi optimum pada 178,291 ppm dengan daya sebesar 9,899 mg/g. Pada konsentrasi 187 ppm daya adsorpsinya mengalami penurunan yaitu daya adsorpsinya sebesar 7,248 mg/g. Peningkatan adsorpsi yang cenderung meningkat dikarenakan permukaan arang aktif belum maksimal dalam berikatan dengan ion logam sehingga adsorpsinya terus berlangsung dan daya adsorpsinya belum mencapai maksimal. Pada konsentrasi 178,291 ppm terjadi penyerapan optimum. Permukaan adsorpsi saat konsentrasi optimum telah jenuh dan telah mencapai kesetimbangan antara konsentrasi ion logam dalam permukaan arang aktif dan lingkungannya sehingga arang aktif tidak dapat lagi mengikat ion logam.

Saat konsentrasi ion logam Cd(II) ditambahkan, efisiensi penyerapan yang terjadi semakin berkurang. Hal ini disebabkan pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel arang aktif tongkol jagung yang tersedia dikarenakan permukaan arang aktif yang telah jenuh pada konsentrasi 178,291 ppm. Sehingga kemungkinan terjadi proses desorpsi dimana ion logam Cd(II) yang telah terikat dalam permukaan arang aktif dilepaskan kembali, dengan demikian daya adsorpsinya menjadi berkurang.

Aplikasi arang aktif tongkol jagung untuk adsorpsi limbah yang mengandung ion Cd(II) dilakukan pada kondisi optimum berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh sebelumnya. Konsentrasi awal ion Cd(II) dalam limbah diketahui sebesar 93,564 ppm. Setelah dilakukan adsorpsi diperoleh limbah yang terserap oleh arang aktif tongkol jagung sebesar 30,568 ppm, daya adsorpsi 3,816 mg/g dan persentase adsorpsinya sebesar 32,67%. Hasil ini menunjukkan bahwa arang aktif dari tongkol jagung dapat digunakan untuk mengadsorpsi limbah logam berat Cd.

### Simpulan

Karakteristik dari arang aktif tongkol jagung meliputi kadar air sebesar 3,29%, kadar abu 8,92%, dan daya jerap iodin 182,347 mg/g. pH optimum untuk adsorpsi ion Cd(II) oleh arang aktif tongkol jagung terjadi pada pH 4, massa optimum sebesar 0,4 g, waktu kontak optimum terjadi selama 60 menit, dan konsentrasi ion logam Cd(II) yang dapat teradsorpsi sebesar 178,291 ppm. Daya adsorpsi masing-masing kondisi optimum sebesar 2,553 mg/g,

4,406, 4,000 dan 9,899 mg/g. Konsentrasi ion Cd(II) dalam limbah dapat teradsorpsi oleh arang aktif tongkol jagung sebesar 30,568 ppm dengan persentase adsorpsi 32,67%.

#### Daftar Pustaka

- Fatimah, N., A.T. Prasetya, dan W. Sumarni. Penggunaan Silika Gel Terimobilisasi Biomassa *Aspergillus niger* untuk Adsorpsi Ion Logam Fe(III). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(3): 184-187
- Hartomo, A. dan K. Tomijiro. 1995. *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*. Yogyakarta: Andi
- Lorenz, K.J. and Kulp. 1991. *Handbook of Cereal Science and Technology*. New York USA: Marcel Dekker Inc
- Mu'jizah, S. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif*. Skripsi. Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta
- Pari, G. 2004. *Kajian Struktur Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu sebagai Adsorben Formaldehida Kayu Lapis*. Disertasi. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Rahayu, A.N. dan Adhitiyawarman. 2014. Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Besi pada Air Tanah. *JKK*, 3(3): 7-13
- Sallau, B., A.A. Salihu and S. Ukuwa. 2012. Biosorption of Chromium (VI) from Aqueous Solution by Corn Cob Powder. *International Journal of Environment and Bioenergy*, 4(3): 131-140