

**OPTIMASI ADSORPSI KROMIUM (VI) OLEH ARANG AKTIF DARI
TEMPURUNG KELAPA (*Cocos nucifera*)**

**OPTIMIZATION OF ADSORPTION OF CHROMIUM (VI) BY ACTIVATED
CARBON FROM COCONUT SHELL (*Cocos nucifera*)**

¹Linda J Kusumawardani, ²Tia Rosianasari Suryadi, ³Agus Taufik

^{1,2,3}Fakultas MIPA, Universitas Pakuan-Bogor
email : ¹linda.wardani@unpak.ac.id

ABSTRACT

This research was conducted to reduce the concentration of the heavy metal Cr (VI). This research method was carried out in several stages, namely the made up of activated carbon from coconut shell and adsorption optimization. The activated carbon was made up using high temperature by furnace at 300°C, then activated using CaCl₂. Screening of activated carbon sizes was conducted at 10 and 20 mesh. The next step is adsorption of Cr (VI) by using variations of contact time for Cr (VI) (15,30 and 45 minutes), pH (5,7, and 9), dosage activated carbon (0,5, 1, and 1,5 g) and the concentration (10,30,50,70, and 90 ppm). Furthermore, the measurement of Cr (VI) content was carried out using a spectrophotometer as per SNI 6989.71: 2009. According to the results of the research, the optimum conditions for the adsorption processes for Cr (VI) using activated carbon are the dosage of 1 gram in activated carbon for 30 ppm concentration in 25 mL volume sample. The adsorption process was carried out at a size of 20 mesh of activated charcoal, contact time. 45 minutes at pH 9.

Keywords : *Activated Carbon, Metal Adsorption, Chromium (VI), Coconut Shell*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi konsentrasi pada logam berat Cr (VI). Metode penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pembuatan arang aktif tempurung kelapa dan optimasi adsorpsi. Pembuatan arang aktif berdasarkan pada proses pembakaran menggunakan tanur pada suhu 300°C, dilakukan proses penghancuran pada arang aktif selanjutnya dilakukan aktivasi menggunakan CaCl₂ jenuh. Penyaringan ukuran arang aktif pada 10 dan 20 mesh. Tahap berikutnya dengan mengkontakkan arang aktif terhadap Cr (VI) dengan menggunakan variasi waktu kontak Cr (VI) (15,30 dan 45 menit) lalu variasi pH (5,7,dan 9), variasi pada bobot arang aktif (0,5, 1, dan 1,5 g) dan variasi konsentrasi pada (10,30,50,70,dan 90 ppm). Selanjutnya dilakukan pengukuran kandungan Cr (VI) dengan menggunakan spektrofotometer sesuai dengan SNI 6989.71:2009. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kondisi optimum proses adsorpsi logam Cr (VI) menggunakan arang aktif, yaitu proses adsorpsi dilakukan pada ukuran arang aktif 20 mesh, waktu kontak 45 menit, pada pH 9, dengan pada arang aktif 1 gram, volume sampel dan konsentrasi optimum pada 30 ppm.

Kata Kunci : *arang aktif, adsorpsi logam, kromium (VI), tempurung kelapa*

PENDAHULUAN

Logam berat Cr (VI) memiliki sifat sangat toksik terhadap makhluk hidup jika dibandingkan dengan Cr (III). Pada umumnya Cr (III) hanya toksik terhadap tumbuh-tumbuhan pada konsentrasi tinggi, kurang toksik bahkan non toksik terhadap hewan

maupun manusia. Namun apabila terpapar dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan penyakit kulit dan kanker. Besarnya dampak negatif yang ditimbulkan oleh logam Cr (VI) bagi makhluk hidup dan lingkungan. Sehingga logam berat Cr harus diminimalkan bahkan dihilangkan. Salah satu usaha yang dapat dilakukan yaitu dengan metode adsorpsi. Pada metode ini terjadi proses penyerapan molekul-molekul gas maupun cairan pada permukaan sorben. Penggunaan sorben dari bahan organik (biosorben) akhir-akhir ini banyak dikembangkan karena berbahan baku murah dan aman bagi lingkungan (Mulyasuryani 2013).

Salah satu biosorben yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan oleh logam Cr (VI) yaitu arang aktif. Bahan baku arang bisa berasal dari bahan nabati dan hewani, diantaranya serbuk gergaji, ampas tebu, tempurung kelapa, bonggol jagung, tulang, bambu dan sebagainya (Djarmiko, *et al.*, 1985). Pemilihan tempurung kelapa sebagai bahan baku arang aktif atas dasar kualitas arang aktif yang dihasilkan lebih baik dari pada bahan lain, biayanya relatif murah, dan prosesnya cukup sederhana (Alaerts *et al.* 1989).

Sampai saat ini, tempurung kelapa yang dihasilkan oleh industri kelapa parut kering dan industri minyak kelapa hanya dianggap sebagai limbah, padahal jika diolah lebih lanjut, akan dapat menciptakan nilai tambah dari komoditas kelapa. Salah satu produk olahan tempurung kelapa yang mempunyai prospek cerah adalah karbon aktif. Karbon aktif dari tempurung kelapa, memiliki beberapa kelebihan daripada bahan lain, yaitu tingkat kekerasan yang tinggi sehingga mempermudah karakteristik penanganannya, luas permukaannya di atas $1500\text{m}^2/\text{g}$, daya serapnya tinggi, abunya sedikit, dankemurniannya tinggi. Pada dasarnya, proses pembuatan karbon aktif terdiri dari dua tahapan, yaitu karbonisasi dan aktivasi baik secara kimia, maupun fisika. Karbonisasi merupakan proses pirolisis atau pembakaran tidak sempurna dari bahan dasar yang digunakan tanpa adanya udara, biasanya pada temperatur $5000\text{--}8000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Hoque dan Bhattacharya 2002). Hasil karbonisasi merupakan bahan penyerap yang kurang aktif. Oleh karena itu proses aktivasi sangat dibutuhkan untuk mengubah arang menjadi karbon aktif yang porositas dan luas permukaan spesifiknya besar. Pada umumnya karbon aktif dapat di aktivasi dengan 2 cara, yaitu dengan cara aktivasi kimia dengan hidroksida logamalkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya ZnCl_2 , CaCl_2 , yang merupakan penyerap air (Hoque dan Bhattacharya 2002).

Aktivasi pada arang berarti penghilangan zat-zat yang menutupi pori-pori pada permukaan arang yang dapat dihilangkan melalui proses oksidasi menggunakan oksidator yang sangat lemah agar atom karbon yang lain tidak turut teroksidasi, selain itu juga dapat dilakukan proses dehidrasi dengan menggunakan garam CaCl_2 . Unsur mineral yang akan masuk di antara plat-plat heksagonal dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup, sehingga jumlah permukaan karbon aktif bertambah besar (Tri, *et al*, 2009). Kalsium klorida dikenal sebagai garam yang memiliki tingkat osmotik yang tinggi dan merupakan senyawa anorganik berbentuk kristal yang sangat larut dalam air. Pemilihan CaCl_2 sebagai aktivator karena CaCl_2 mampu berfungsi sebagai zat dehidran pada karbon aktif yang dihasilkan. Selain itu juga CaCl_2 tidak beracun, harganya sangat terjangkau dibandingkan dengan aktivator yang lain dan aman terhadap lingkungan sehingga limbah yang dihasilkan tidak membahayakan pencemaran lingkungan. (Tri, *et al*, 2009).

Dalam penelitian ini proses adsorpsi logam berat Cr (VI) dilakukan menggunakan arang aktif yang berasal dari tempurung kelapa dan diaktivasi dengan CaCl_2 untuk memperluas area permukaan, sehingga daya adsorpsi menjadi lebih besar. Variasi terhadap waktu kontak, dosis arang, dan konsentrasi dilakukan untuk mendapatkan kondisi optimum proses adsorpsi logam Cr (VI).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pembuatan arang aktif, optimalisasi proses adsorpsi, tahap pengolahan dan evaluasi data hasil penelitian. Data diolah secara statistik. Menggunakan 4 perlakuan dengan 2 ulangan, kemudian akan dilakukan uji lanjutan.

1. Proses Pembuatan Arang Aktif

Proses pembuatan arang aktif mengacu pada metode Sudibandriyo dan Lydia (2011), yang dimodifikasi dengan metode Sudrajat dan Tjipto (1970) pada penggunaan aktivator. Berikut ini adalah tahapan prosesnya:

- a. **Pemotongan Bahan Baku.** Bahan baku tempurung kelapa dipotong kecil-kecil, agar proses karbonisasi terjadi secara sempurna, karena panas yang merata terhadap bahan baku membuat proses karbonisasi merata.
- b. **Karbonisasi dan Penyaringan.** Proses karbonisasi pada suhu $300\text{-}500^\circ\text{C}$ dengan tanur, sampai proses karbonisasi terjadi secara sempurna. Kemudian dilakukan penghalusan dan penyaringan pada ukuran 10 dan 20 mesh.

- c. **Aktivasi.** Setelah proses karbonisasi partikel-partikel direndam dalam bahan kimia selama 12-15 jam. Kemudian arang aktif di aktivasi menggunakan CaCl_2 . Rasio pencampuran aktivator CaCl_2 dengan arang aktif tempurung kelapa yaitu 2 ml aktivator/g arang aktif tempurung kelapa. Setelah perendaman selesai, kemudian ditiriskan dan dilakukan pemanasan pada suhu $250\text{-}350^\circ\text{C}$ untuk mengaktifkan arang aktif. Suhu optimum aktivasi adalah 300°C , (Sudiarta 2010).
- d. **Pencucian.** Pencucian dilakukan dengan air destilasi. Pencucian dihentikan bila filtrat bebas Cl^- , dengan cara penambah AgNO_3 apabila tidak terdapat endapan putih larutan sudah bebas Cl^- .
- e. **Pengeringan.** Dilakukan pada suhu 110°C untuk mengurangi kadar air.

2. Karakterisasi Material dan Optimasi

Karakterisasi material dilakukan menggunakan Mikroskop Pemindai Elektron (SEM) Carl Zeiss EVO MA10. Sedangkan optimasi proses adsorpsi dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. **Penentuan kapasitas adsorpsi dan analisis Cr (VI).** Pengujian Cr (VI) yaitu didasarkan pada pengukuran serapan larutan berwarna ungu kemerahan yang menunjukkan terjadinya kompleks antara 1,5-difenilkarbazida dan kromium heksavalen membentuk senyawa kompleks berwarna ungu dengan ligan 1,5-difenilkarbazida dan atom pusat Cr (VI). Prinsip penentuan adsorpsi metode tumpak (*batch adsorption*), pada metode tumpak larutan contoh yang berisi adsorbat dan adsorben dicampur kemudian dikocok selama waktu tertentu hingga tercapai keseimbangan. Kesetimbangan terjadi saat adsorben telah jenuh oleh adsorbat. Tahap selanjutnya dilakukan penyaringan sehingga dapat diukur konsentrasi sisa dalam larutan untuk menentukan kapasitas adsorpsi. Perhitungan kapasitas adsorpsi menggunakan persamaan.

$$Q = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100$$

Keterangan:

Q = Efisiensi adsorpsi (%)

C_0 = Konsentrasi Cr(VI) awal (ppm)

C = Konsentrasi Cr(VI) sisa (ppm)

- b. **Penentuan Waktu Kontak Optimum.** Penentuan ini dilakukan dengan dosis 0,5 g arang aktif dalam 25 ml larutan Cr (VI) 30 ppm. Campuran diaduk dengan ragam waktu kontak selama 15, 30, dan 45 menit dalam suhu kamar. Konsentrasi Cr (VI) diukur

menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada λ 530 – 540 nm, kemudian dihitung kapasitas adsorpsinya. Ragam waktu kontak dialurkan pada kurva sebagai sumbu X dan nilai kapasitas adsorpsi sebagai sumbu Y.

c. Penentuan pH Optimum. Prinsip perlakuan yaitu menentukan kapasitas adsorpsi Cr (VI) optimum dengan cara memberikan perlakuan pH larutan yang berbeda yaitu pH 5, 7, dan 9 ke pada setiap erlenmeyer dengan bobot arang aktif dan konsentrasi larutan yang sama. Penetapan kadar Cr (VI) diukur dengan menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 530 -540 nm.

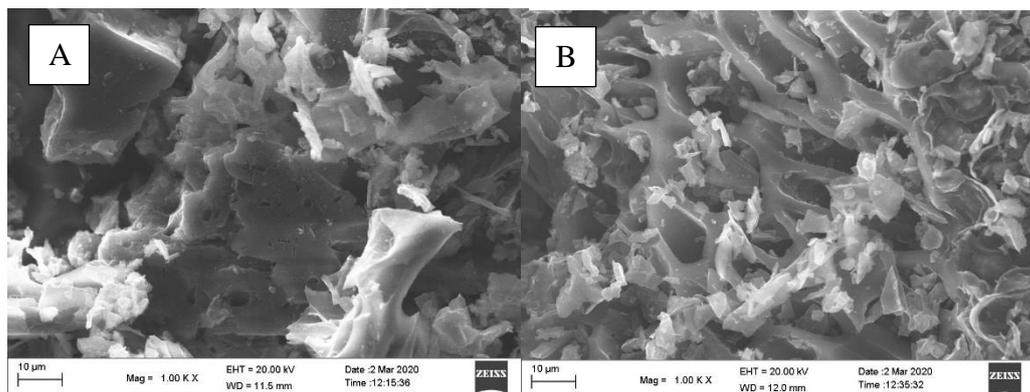
d. Penentuan Bobot Optimum. Prinsip perlakuan yaitu menetapkan kapasitas adsorpsi Cr (VI) optimum dengan cara memberikan perlakuan perbedaan penggunaan bobot arang aktif, ke pada setiap erlenmeyer dengan bobot arang aktif dan konsentrasi larutan yang berbeda, kedalam 3 buah erlenmeyer 25 ml dimasukan masing-masing 0,5; 1,0; dan 1,5 gram arang aktif dan ditambahkan 25 ml larutan Cr (VI) 30 ppm dengan waktu kontak dan pH optimum yang didapatkan. Endapan disaring kemudian filtrat diukur dengan menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 530 -540 nm.

e. Penentuan Konsentrasi Optimum. Penentuan konsentrasi optimum yaitu dengan cara memberikan perbedaan perlakuan penggunaan konsentrasi larutan Cr (VI) yaitu dengan meningkatkan konsentrasi larutan Cr (VI) dengan konsentrasi larutan Cr (VI) 10, 30, dan 50 ppm larutan Cr (VI). Konsentrasi Cr (VI) sisa diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 530 – 540 nm, kemudian dihitung kapasitas adsorpsinya. Ragam waktu kontak dialurkan pada kurva sebagai sumbu X dan nilai kapasitas adsorpsi sebagai sumbu Y.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Arang Aktif Tempurung Kelapa

Pengarangan bahan baku tempurung kelapa sebagai bahan dasar arang aktif menghasilkan arang sebesar 24 % dalam setiap 1 kg. Bahan dasar tempurung kelapa. kemudian dilakukan pengujian karakteristik terhadap arang aktif tempurung kelapa sebelum dan sesudah dilakukan aktivasi. Dalam proses adsorpsi fisika, pori-pori pada adsorben menjadi salah satu faktor penunjang dalam penyerapan adsorbat ke dalamnya. Pori-pori tersebut dapat terlihat dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Alat SEM dapat memperlihatkan tentang bentuk morfologi dari arang aktif tempurung kelapa.



Gambar 1. Hasil SEM Arang Aktif Tempurung Kelapa Sebelum Aktivasi (A) dan Setelah Aktivasi (B)

Pengujian karakterisasi menggunakan SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari arang aktif tempurung kelapa. Dapat disimpulkan bahwa adsorben ini memiliki permukaan yang kasar dan juga berpori. Dengan demikian, ada keterkaitan bahwa adsorben arang aktif tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai adsorben. Berdasarkan Gambar 1, hasil SEM sebelum arang aktif di aktivasi dan setelah di aktivasi dapat dilihat bahwa, arang aktif yang sudah diaktivasi menggunakan CaCl_2 memiliki lebih banyak pori jika di bandingkan dengan arang aktif sebelum diaktivasi. Banyaknya pori-pori yang dihasilkan ini menandakan bahwa proses aktivasi yang dilakukan cukup efektif karena mampu membentuk pori.

B. Optimasi Waktu Kontak, pH dan Bobot Arang Aktif

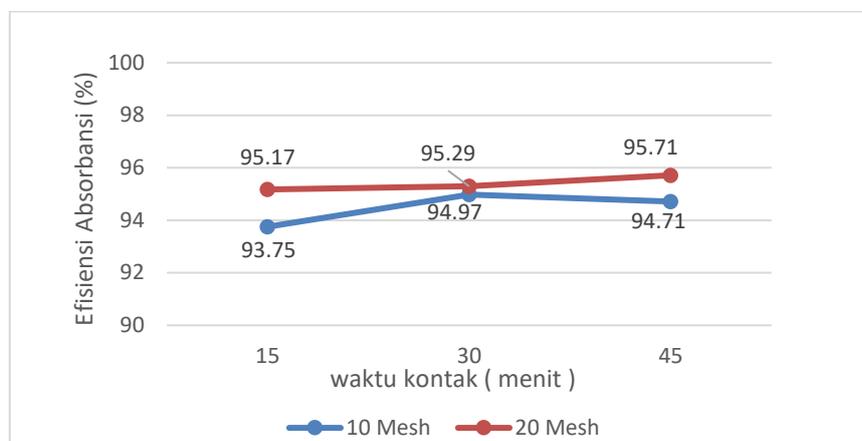
1. Konsentrasi Awal Larutan Baku

Pengukuran Konsentrasi awal larutan baku sebelum dilakukan uji optimasi adsorpsi, perlu dilakukan untuk mengetahui konsentrasi logam Cr (VI) pada larutan baku tersebut. Hasil analisis konsentrasi awal logam Cr (VI) pada larutan baku didapat 29,94 mg/L.

2. Waktu Kontak Adsorpsi Logam Cr (VI)

Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi logam Cr (VI) pada adsorben arang aktif tempurung kelapa dilakukan pada ukuran arang aktif 10 dan 20 mesh. Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan variasi 15, 30, dan 45 menit. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan adsorben untuk menyerap adsorbat

secara maksimal. Pada Gambar 2. Konsentrasi logam Cr (VI) yang diadsorpsi terus meningkat dari waktu 15 hingga 45 menit dengan menggunakan variasi ukuran arang aktif 10 dan 20 mesh.



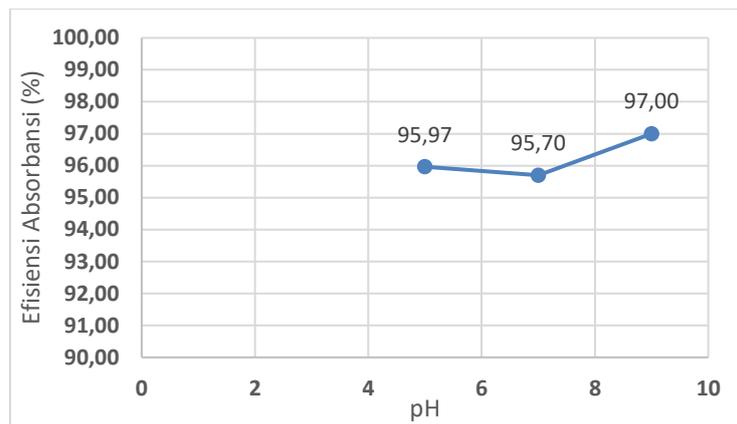
Gambar 2. Kurva hubungan waktu dengan efisiensi adsorpsi logam

Terjadi peningkatan jumlah logam yang teradsorpsi dari waktu 15 menit hingga 45 menit waktu kontak yang optimum terjadi pada 20 mesh dengan waktu kontak 45 menit dengan konsentrasi awal larutan baku logam berat Cr (VI) sebesar 29,94 mg/L sedangkan konsentrasi larutan logam berat Cr (VI) setelah teradsorpsi menurun menjadi 1,29 mg/L efisiensi adsorpsi yang didapat mencapai 95,71%. Terjadi peningkatan jumlah logam yang teradsorpsi dari waktu 15 menit hingga 45 menit sehingga perlu dilakukan pemodelan prediksi. Setelah dilakukan model prediksi hingga waktu 45 menit, tidak ada perubahan yang signifikan atau jumlah logam yang diadsorpsi cenderung konstan. Tidak terdapat perbedaan yang nyata pada peningkatan jumlah logam yang diserap pada waktu 30 menit dan 45 menit. Sehingga diperoleh waktu kontak optimum adsorpsi logam Cr (VI) oleh arang aktif tempurung kelapa pada 45 menit.

3. Penentuan pH optimum

Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu faktor penting untuk menentukan kondisi optimum dalam proses adsorpsi. Derajat keasaman atau pH mempengaruhi kelarutan ion logam serta gugus aktif yang terdapat pada adsorben sehingga penentuan pH optimum dilakukan untuk menentukan kondisi optimum penyerapan logam Cr (VI) menggunakan adsorben arang aktif tempurung kelapa. Menurut (Asmandi, dkk 2009) Kromium bersifat asam sehingga dapat bereaksi dengan basa yang membentuk kromat. Cr (VI) dalam suasana basa dapat membentuk Cr (III) dan

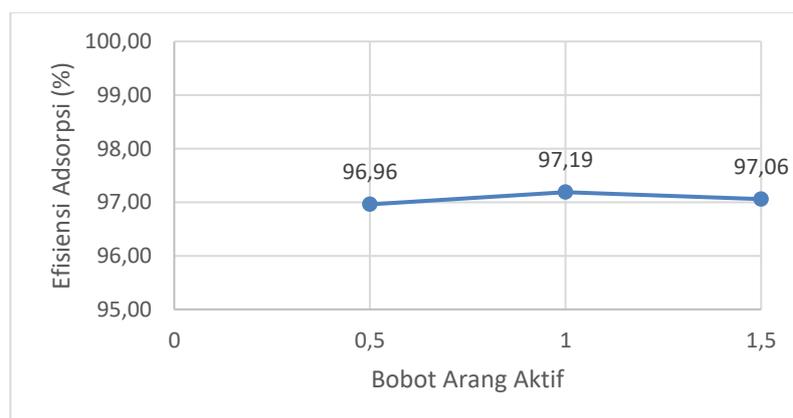
mengendap dalam bentuk hidroksida yang dapat dicapai dalam air diantara pH 8,5 - 9,5. Namun pada aktualisasinya tidak terbentuk endapan. Berdasarkan data pada Gambar 3. diketahui bahwa adsorpsi Cr (VI) maksimum pada pH 9, dengan menggunakan arang aktif 20 mesh konsentrasi logam Cr (VI) yang terserap sebesar 29,1 mg/L dengan kapasitas adsorpsi sebesar 97 %.



Gambar 3. Kurva hubungan pH dengan efisiensi adsorpsi logam

4. Penentuan Bobot Optimum Arang

Penentuan bobot optimum arang aktif merupakan salah satu faktor yang penting untuk menentukan kondisi optimum dalam proses adsorpsi penentuan bobot optimum dilakukan untuk menentukan kondisi optimum adsorpsi logam Cr (VI) menggunakan adsorben arang aktif tempurung kelapa.



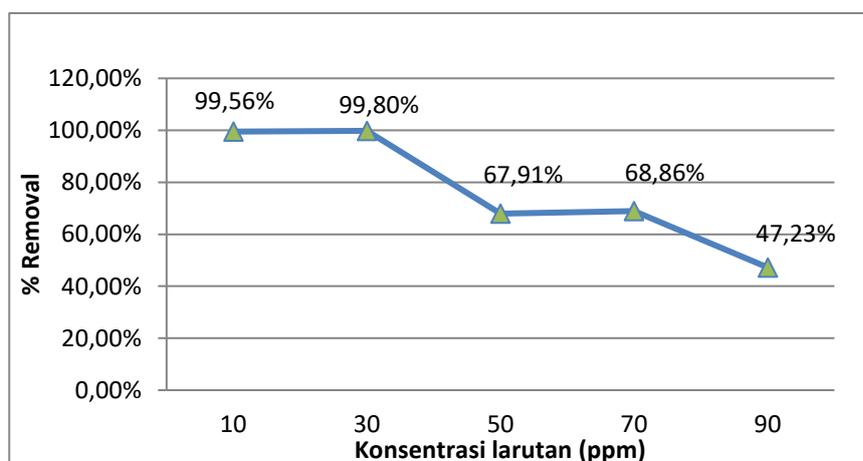
Gambar 4. Kurva Hubungan Bobot Arang Aktif dengan Efisiensi Adsorpsi Logam

Berdasarkan data pada Gambar 4. diketahui bahwa dengan meningkatnya bobot arang aktif yang digunakan dapat meningkatkan nilai efisiensi adsorpsi sama seperti penelitian Selvy Utama (2016) bahwa penambahan bobot adsorben juga akan

meningkatkan % efisiensi adsorpsi dari logam-logam yang terjerap. Hasil grafik menunjukkan proses adsorpsi mulai mencapai kondisi jenuh. Penambahan adsorben yang terlalu banyak memicu penurunan efisiensi penyerapan dikarenakan adanya penyempitan luas permukaan kontak antara adsorbat dengan adsorben saat proses adsorpsi berlangsung (Selvy Utama 2016). Data tersebut menunjukkan semakin meningkatnya penambahan bobot adsorben yang digunakan maka kemampuan adsorpsi akan meningkat serta kondisi terbaik tercapai dengan menggunakan 1 g serbuk arang aktif tempurung kelapa terhadap pencapaian nilai % efisiensi adsorpsi optimum untuk logam berat Cr (VI) dengan nilai yang teradsorpsi sebesar 29,16 mg/L dan kapasitas adsorpsi sebesar 97,19 %.

5. Proses Adsorpsi Cr (VI) Berbagai Konsentrasi pada Kondisi Optimum

Penentuan konsentrasi optimum arang aktif merupakan salah satu faktor yang penting untuk menentukan kondisi optimum dalam proses adsorpsi. Penentuan bobot optimum dilakukan untuk menentukan kondisi optimum penyerapan logam Cr (VI) menggunakan adsorben arang aktif tempurung kelapa.



Gambar 5. Kurva Hubungan Konsentrasi Larutan Cr (VI) dengan Efisiensi Adsorpsi Logam

Berdasarkan data diketahui bahwa dengan meningkatnya konsentrasi larutan Cr (VI) yang digunakan dapat menurunkan nilai efisiensi adsorpsi, pada Gambar 4 diketahui bahwa adsorpsi Cr (VI) maksimum pada konsentrasi larutan Cr (VI) 30 ppm, dengan menggunakan ukuran arang 20 mesh, waktu kontak optimum pada 45 menit, dengan pH 9 dan bobot optimum arang pada 1 gram efisiensi adsorpsi sebesar 97,80 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan arang aktif yang diaktivasi oleh CaCl_2 memiliki bentuk morfologi dengan pori yang lebih banyak jika di bandingkan dengan arang aktif sebelum diaktivasi. Banyaknya jumlah pori yang terbentuk akan meningkatkan kapasitas adsorpsi dalam menurunkan konsentrasi logam Cr (VI). Selain itu, arang aktif tempurung kelapa yang telah diaktivasi dapat digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan konsentrasi logam berat Cr (VI) dengan rentang konsentrasi logam 10 sampai dengan 30 ppm pada ukuran pori 20 mesh dengan waktu kontak 45 menit, optimum pada pH 9, dalam bobot optimum arang 1 gram, dan konsentrasi optimum larutan Cr (VI) 30 ppm dapat menyerap logam Cr (VI) sampai dengan 99,60 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts GJ, Jitjaturum V, kelderman P, Use of coconut shell based activated carbon for chromium (VI) removal. *Water Science Technol* 1701-1704.
- Allwar, Noor M, Asri M. 2008. Textural characteristics of activated carbons prepared from oil palm shells activated with ZnCl_2 and pyrolysis under nitrogen and carbon dioxide. *Jurnal of Physical Science* 19:93-1004
- Anderson, R. A. 1997. Chromium As an Essential Nutrient for Human. *Reg. Toxicol Pharmacol.* 26 : 534-541
- Anonim, (2009), SNI 6989.71:2009 Air dan limbah – Bagian 71:Cara uji krom heksavalen (Cr-VI) dalam contoh uji secara spektrofotometri 1-8.
- Amuda, S. & Ibrahim, A.O. 2006. Industrial wastewater treatment using natural Material as adsorbent *African Journal of Biotechnology*, 5.
- Asmandi, Endro.S dan Oktiawan. 2009. Pengurangan Chrom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Dan NaHCO_3 (Studi Kasus PT Trimulyo Kencana Mas Semarang). Januari 2009 Vol 5, No 1
- Atkins PW. 1999. *Kimia Fisika Jilid II*. Kartohiprodojo, penerjemah; Rohhadyan Utama T, edito: Oxford University Press. Terjemahan dari: *Physical Chemistry*. 437-438
- Awoyale, A.A., Eloka-Eboka, A.C. and 3Odubiyi, O.A. 2013. Production And experimental Efficiency of Activated Carbon From Local Waste Bamboo For Waste Water Treatment. *EAAS & ARF*. April 2013. Vol 3, No. 2.

- Darmono. 2001. Logam dalam Sistem Biologi Hidup dan Pencemaran. Jakarta: UI-Press.
- Dini D, H. 2012. Pemanfaatan Arang Aktif Bambu Andong (*G. verticillata* (Wild) Munro) dan Bambu Ater (*G. atter* (Hassk) kurz ex Munro) Sebagai Adsorben Pestisida [skripsi]. Papua: Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Negeri Papua Manokwari. Vol 2. No. 1 2009
- Djatmiko, B, S. Ketaren, dan Sri, S. 1985. Pengolahan Arang dan Kegunaannya. Bogor: Agro Industri Press. Vi, 78
- Hoque, M.M., M.M., Ota, M., and Bhattacharya, S.C, 2002, Activated Charcoal from Coconut shell Using CaCl_2 Activation, Biomass and Bioenergy 22
- Kristanto, P. 2002. Ekologi Industri. Yogyakarta, Andi. Hal 20-24
- Kusnoputranto H. 1996. Toksikologi Lingkungan Logam Toksik dan B-3. Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat dan Pusat Penelitian Sumber Daya Manusia dan Lingkungan, UI.
- Igwe, J. C. & Abia, A. A. 2006. A bioseparation process for removing heavy metals from waste water using biosorbents. African Journal of Biotechnology. 1167-1179.
- Malekpour A, Hajjaligol S, Taher MA. 2009. Study on solid-phase extraction and flame atomic absorption spectrometry for the selective determination of cadmium in water and plant samples with modified clinoptilolite. J Hazard Mater 172: 229-233.
- Mulyasuryani, Ani, Barlah Rumhayati, Chandrawati Cahyani, dan Soebiantoro. 2013. Adsorpsi Pb^{2+} dan Cu^{2+} menggunakan Kitosan-Silika dari Abu Sekam Padi. Valensi. 3 (2):88 – 92.
- M. Sudibandrio dan Lydia. 2011. Karakteristik luas permukaan karbon aktif dari ampas tebu dengan aktivitas kimia. Universitas Indonesia. Jurnal Teknik Kimia Indonesia Vol. 10, No. 3, 2011, 149-156.
- Selvy Utama. 2016 Adsorpsi Ion Logam Kromium (Cr (VI)) Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak. Skripsi : Bandung Universitas Katholik Parahyangan
- Solovyov, L.A., A.N. Shmakov., V.I. Zaikovski., S.H. Joo, and R. Ryoo. 2002. Detailed structure of the hexagonally packed mesostructured carbon material CMK-3. Carbon 40: 2477-2481. Elsevier, UK.

- Sudiarta IW, Yulihastuti DA. 2010. Biosorpsi kromium (VI) pada serat sabut kelapa hijau (Cocos nucifera). *Jurnal Kimia* 4: 158-166.
- Sudrajat, P. dan Tjipto Utomo. 1970. Pembuatan Karbon Aktif . Hasil Penelitian lembaga Kimia Nasional. LIPI Bandung. Vol 2 No.1
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan. Seminar on-air Bioteknologi Untuk Indonesia Abad 21. Sinergy Forum-PPI Tokyo Institute of Technology 1-14 February 2001.
- Tri Kurnia, Arif Nurrahman, dan Edwin Permana. 2009. Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Ubi Kayu (Mannihot esculenta). *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 1. Hal. 24-25
- Welch CM, Nekrssova O, Compton RG. 2005. Reduction of hexavalent chromium at solid electrodes in acids media: reaction mechanism and analytical applications. *J Talanta* 65:74-80.
- Zhou W, Chai Y, Yuan R, Guo J, XiaWu. 2009. Organically nanoporous silica gel based on carbon paste electrode for potentiometric detection of trace Cr (III). *Analytica Chimica Acta* 647: 210-214.